

Erikoistilanteiden liikenteen seurannan mahdollisuuksien arviointi

Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 29/2009

Erikoistilanteiden liikenteen seurannan mahdollisuuksien arviointi

Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 29/2009

ISSN 1457-991X
TIEH 4000704

Verkkojulkaisu pdf (www.tiehallinto.fi/julkaisut)

ISSN 1459-1561
TIEH 4000704-v

Edita Prima Oy
Helsinki 2009

Julkaisua saatavana
Kaakkois-Suomen tiepiiri

TIEHALLINTO
Kaakkois-Suomen tiepiiri
Kauppamiehenkatu 4

45100 Kouvola
Puhelin 0204 22 11

Erikoistilanteiden liikenteen seurannan mahdollisuuksien arviointi. Kouvola 2009. Tiehallinto, Kaakkois-Suomen tiepiiri. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 29/2009, 39 s. + liitt. 45 s. ISSN 1459-1561, TIEH 4000704-v.

Asiasanat: Tieliikenne, seuranta, mittaus, mittauslaitteet, ilmaisimet, LAM, matka-aika
Aiheluokka: 20, 21

TIIVISTELMÄ

Työssä on kartoitettu liikenteen mittauksen ja seurannan nykytilaa Suomessa ja ulkomailla sekä arvioitu mittaustekniikoiden kehittämistarpeita ja -mahdollisuuksia. Erityisesti on keskitytty hitaasti etenevän ja pysähtevän liikenteen mittausmenetelmiin. Nykyään käytössä olevilla laitteilla pysähtevän liikenteen luotettava havaitseminen ja mittaus on ollut ongelmallista.

Nykyisin käytetty LAM-tekniikka ei käsittele luotettavasti alhaisten nopeuksien havaintoja. Matka-ajan mittausjärjestelmän tekniikka ei myöskään sovi suoraan jono- tai ruuhkailmaisimeksi, vaan edellyttää liikenne- tai matka-aikaennustemallien kehittämistä. Puhtaasti jonoilmaisimena käytetty induktiosilmukka soveltuu jonoutuvan liikenteen ilmaisimeksi, tosin väärin ajoittuvasta itsekalibroinnista voi aiheutua ongelmia pidempään paikallaan seisovien jonojen automaattisessa tunnistuksessa.

Kuvantunnistustekniikka on herkkä valaistus- ja sääolosuhteille, ja sen soveltuvuus suomalaisiin olosuhteisiin on siltä osin heikko. Myös infrapuna- ja akustiset ilmaisimet, sekä osittain myös ultraääni-ilmaisimet, on todettu herkiksi sää- ja muille olosuhteille sekä olosuhteiden vaihteluille.

Mittaustekniikoiden arviointien perusteella modernit tutkalaitteet ja magnetometrit todettiin lupaavimmiksi hitaan ja jonoutuneen liikenteen mittaustekniikoiksi. Nykyisillä tutkailmaisimilla voidaan mitata muiden liikenteen tunnuslukujen lisäksi myös läsnäoloa ja varausastetta, tosin yksiselitteisiä tutkimustuloksia toimivuudesta pysähtevän liikenteen havaitsemisessa ja luotettavuudesta erilaisissa sääolosuhteissa ei kartoituksessa löytynyt. Magnetometrien mittausluotettavuus ja tarkkuus ovat hyviä ja ne eivät ole herkkiä olosuhteille.

Magnetometrien ja modernien tutkanilmaisimien hyödyntämisestä tieliikenteen mittaussovelluksissa ei ole juuri kokemuksia Suomessa, joten näiden etuja on perusteltua testata maastossa. Tekniikoiden testaamiseen valittiin pilottikohteet VT 7:ltä läheltä Vaalimaan rajanylityspaikkaa sekä Kehä III:lta herkästi jonoutuvalta Petikko – VT 3 -väliltä. Kohteista laadittiin yleissuunnitelmat, joiden jatkotoimenpiteeksi esitetään rakennussuunnitelmien laatimista. Kohteiden alustavat kustannusarviot ovat noin 75 000 (VT 7) ja 50 000 € (Kehä III). VT7:n osalta tiedonkeruujärjestelmä nostaa kustannuksia.

Pilottikohteet ehdotetaan toteutettaviksi syksyllä 2009 ja pilottitutkimukset alkuvuoden 2010 aikana. Tutkimustuloksista riippuen mittaustekniikoiden käyttöä voidaan laajentaa esim. muille rajalle johtaville tieosuuksille, telematiikkajärjestelmien mittalaitteiksi, ajoittain ruuhkautuville tieosuuksille sekä suurten yleisötapahtumien väliaikaisiksi liikenteen seurantapisteiksi. Magnetometri- ja tutkalaitteiden integrointia Tiehallinnon tilastointijärjestelmään on myös syytä selvittää.

Muita jatkokehitystarpeita ovat mm. nykyisen LAM-laitteiston kehittäminen tai uuden laskentalaitteen testaaminen, kuvantunnistustekniikan parhaiden mittausominaisuuksien testaaminen ja matka-ajanmittausjärjestelmien kehittäminen paremmin reaaliaikaiseen liikenteen seurantaan soveltuvaksi.

Key words: Traffic, monitoring, measuring, detectors, automatic measuring, travel time

SUMMARY

In this study, the current possibilities and development needs of measuring slow moving traffic on highways, as well as measuring normal traffic, have been evaluated. The evaluation is based on survey of Finnish and foreign experiences of current measuring devices and traffic monitoring systems.

Current induction loop based devices in Finland cannot produce reliable observations in slow moving traffic conditions. License plate recognition systems, used in travel time measuring, are not able to directly measure suddenly occurring congestions without traffic models for processing the measured data. Reliable and easily applicable models are not yet available for Finnish traffic conditions. Instead, induction loops used purely for occupancy measuring have proven to be useful devices in traffic management systems, but the self calibration feature can cause problems if the queued situation continues for hours or days, like the truck queues at the border control stations. Video detection devices have been found to be sensitive for illumination and weather conditions in Finnish incident detection systems and international studies. Acoustic and infrared sensors, as well as ultrasonic sensors at some level, have also been reported to have difficulties with some environmental effects. Therefore these devices are not optimally suited for traffic measuring in demanding Finnish weather and road conditions.

Based on the survey, the modern microwave radar devices and magnetometers were evaluated most suitable for measuring slow traffic in Finnish traffic conditions. Especially magnetometers were considered reliable, accurate and unaffected by the environment in most of the reviewed studies. However, unquestionable study results considering radar technique's weather durability and accuracy of radars and magnetometers in slow moving traffic could not be found. Therefore, these techniques were chosen to be tested at two pilot sites: at highway 7 suffering from long truck queues at the eastern border, and at daily congested Ring Road III. General plans for pilot studies were made, and more detailed planning is recommended to establish the pilot sites. The preliminary cost estimates for pilot sites are 75 000 (Highway 7) and 50 000 Euros (Ring Road III), not including the actual pilot study. The costs of Highway 7 site are increased by more expensive data systems. According to recommended time table, the pilot sites should be constructed at fall 2009 and the pilot studies should be made by summer 2010.

Depending on the pilot study results, the tested measuring techniques can later be used on other queued road sections leading to the eastern border, as parts of traffic management applications, as monitoring devices of less congested roads sections or as contemporary measuring devices during large public events causing heavy congestion. The possibilities of integrating the new measurement data with Road Administration's current data collection systems should also be considered. Other needs for further development of traffic measuring are improving the data processing of current induction loop based systems at slow moving traffic conditions, testing the most promising features and accuracy of video detection systems in Finnish weather conditions and developing the traffic prediction models for travel time measuring systems to improve the real time measuring possibilities.

ESIPUHE

Häiriö-, ruuhka- ja muiden liikenteen erikoistilanteiden automaattinen tunnistaminen ja ohjaustoimenpiteiden käynnistäminen vähentävät erikoistilanteiden haittavaikutuksia liikenteen sujuvuudelle ja turvallisuudelle. Viime aikoina varsinkin rekkajonot rajanylityspaikoille johtavilla tieosuuksilla ovat aiheuttaneet erityistä haittaa liikenteelle. Samoin päivittäin ruuhkautuvilla tieosuuksilla hitaan liikenteen automaattinen tunnistaminen on edellytys tehokkaalle liikenteen hallinnalle, ohjaukselle ja tiedotukselle.

Tiehallinnon nykyiset kiinteät liikenteen seurantamenetelmät, LAM-pisteet ja matka-ajanmittausjärjestelmä, eivät tue riittävästi erityistilanteiden liikenteen ohjausta. Vaaratilanteita voi syntyä esim. silloin, kun liikenne on pysähtynyt, jolloin nykyiset mittalaitteet eivät välttämättä havaitse liikennettä lainkaan. Kun käytössä on luotettava tieto tieverkolla havaituista poikkeustilanteista, voidaan nykyistä tehokkaammin automatisoida vaihtuvien nopeusrajoitusten toimintaa ja tehostaa operatiivista toimintaa liikennekeskuksissa.

Työn tavoitteena on ollut kartoittaa liikenteen seurannassa ja mittauksessa nykyisin käytössä olevia teknisiä ratkaisuja ja sovelluksia sekä arvioida näiden soveltuvuutta erilaisiin liikennetilanteisiin ja suomalaisiin sää- ja keliolosuhteisiin. Erityisesti on painotettu hitaan ja pysähtelevän liikenteen mittausmahdollisuuksia. Lisäksi työssä on laadittu pilottisuunnitelmat lupaavimpien mittaustekniikoiden kokeilusta kahdessa kohteessa.

Työn on tilannut Tiehallinnon Kaakkois-Suomen tiepiiri. Tiehallinnosta työtä ohjasi Jaakko Myllylä, ja työn ohjausryhmään kuuluivat Jyrki Järvinen, Kimmo Toivonen ja Yrjö Pilli-Sihvola Kaakkois-Suomen tiepiiristä. Työstä vastasivat Riku Nevala, Ari Tuomainen ja Jussi Borgenström Trafix Oy:stä, Raine Hautala ja Risto Öörni VTT:ltä sekä Markus Väyrynen Sito Oy:stä. Työn aikana pidettiin myös asiantuntijatapaaminen, johon osallistuivat edellisten lisäksi Timo Karhumäki (Uudenmaan tiepiiri), Laura Hiltunen (Uudenmaan tiepiiri), Juha Ylikorpi (Turun tiepiiri) ja Sakari Lindholm (Trafix Oy).

Kouvolassa kesäkuussa 2009

Tiehallinto
Kaakkois-Suomen tiepiiri

Sisältö

1	JOHDANTO	9
2	SEURANTATILANTEIDEN LIIKENTEELLINEN LUOKITTELU	10
3	LIIKENTEEN MITTAUSMENETELMIÄ	13
3.1	Suomessa käytettyjä mittaustekniikoita	13
3.1.1	LAM-pisteet	13
3.1.2	Matka-aikamittaus (rekisterikilpitunnistus)	13
3.1.3	Jonoilmaisoin	14
3.1.4	Kuvantunnistus	14
3.1.5	Tutkailmaisimet	14
3.1.6	Infrapunailmaisimet	15
3.2	Muita mittaustekniikoita	16
3.3	Ulkomailla käytetyt tekniikat ja järjestelmät	17
3.3.1	Tanskan tiehallinnon järjestelmät	17
3.3.2	Tukholman matka-aikajärjestelmä	17
3.3.3	Tukholman ruuhkamaksujärjestelmä	17
3.3.4	Fast Alert -järjestelmä (Ranska)	19
4	MITTAUSTEKNIKOIDEN ARVIOINTI JA KEHITTÄMISTARPEITA JONOUTUNEEN LIIKENTEEN MITTAAMISESSA	20
5	LUPAAVIMMAT MITTAUSTEKNIIKAT JA PILOTTISUUNNITELMAT	25
5.1	Pilottikohteet ja -tekniikat	25
5.2	Pilottikohde 1: VT 7, rekkajonojen tunnistus	26
5.2.1	Kohteen sijainti ja mittausjärjestelyt	26
5.2.2	Tekninen toteutus ja kustannusarvio	27
5.3	Pilottikohde 2: Kehä III, ruuhkantunnistus	28
5.3.1	Kohteen sijainti ja mittausjärjestelyt	28
5.3.2	Tekninen toteutus ja kustannusarvio	29
5.4	Koeasetelmat ja alustava tutkimussuunnitelma	30
5.5	Pilottikohteiden toteutusaikataulu	31
6	TULEVAISUUDEN MITTAUSTEKNIIKOITA	32
6.1	Matkapuhelinverkon hyödyntäminen liikenteen seurannassa	32
6.2	Kelluvan ajoneuvon menetelmä	32
6.3	Seisovan jonon havaitseminen satelliittikuvan avulla	34
6.4	Useiden eri ilmaisinteknologioiden yhdistäminen	34
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET	35
8	LÄHDELUETTELO	37
	LIITTEET	39

1 JOHDANTO

Työn tavoitteena on ollut selvittää liikenteen mittauksen ja seurannan nykytilaa ja kehittämismahdollisuuksia. Häiriö-, ruuhka- ja muiden liikenteen erikoistilanteiden automaattinen tunnistaminen ja ohjaustoimenpiteiden käynnistäminen vähentävät erikoistilanteiden haittavaikutuksia liikenteen sujuvuudelle ja turvallisuudelle. Työssä on keskitytty erityisesti jonoutuvan ja hitaan liikenteen havaitsemiseen ja mittaamiseen, koska nykyään käytössä olevilla laitteilla pysähtelevän liikenteen luotettava havaitseminen ja mittaus on ollut ongelmallista. Hyvin hitaan ja jonoutuneen liikenteen havaitseminen on tärkeää mm. erityisen ruuhkaisilla tieosuuksilla, rajaliikenteen rekkajonon tunnistuksessa ja häiriötilanteiden havaitsemisessa.

Ajoneuvoliikenteen mittausmenetelmien yleisimpiä käyttötarkoituksia ovat mm.:

- Tilastointi ja liikenteen sujuvuuden mittaus
 - Liikennemäärät, ajoneuvotyytit ja jakaumat, nopeudet, aikavälit, matka-ajat
 - Tunnuslukujen tuottaminen liikenteen seurantatilastointiin
- Liikenteen seuranta ja valvonta
 - Mittaussuureet ja algoritmit kytkettynä seuranta- ja valvontajärjestelmiin (häiriötilanteiden havaitseminen ja automaattiset hälytykset, automaattinen nopeusvalvonta, punaista päin ajamisen valvonta)
- Liikenteen tiedotus, ohjaus ja hallinta
 - Mittaussuureet ja algoritmit kytkettynä liikenteen tiedotus-, ohjaus- ja hallintajärjestelmiin (ruuhkatiedotus- ja ohjausjärjestelmät, muuttuvat liikenneopasteet, matka-aikatiedotus ja -ennusteet, reittiohjaus)

Ajoneuvoliikenteen mittaus perustuu useimmiten seuraaviin menetelmiin ja tekniikoihin.

- Sähkömagneettiseen induktioon perustuvat mittausmenetelmät (liikennevaloilmalaitteet, LAM-mittauspisteet, jonoilmalaitteet)
- Mikroaaltoalueella toimiva tutka
- Lämpöilmaisus (infrapuna)
- Ultraääni (pulssi- tai tutkaperiaate)
- Kuvantulkinta
- Kelluvan ajoneuvon menetelmä (muun liikenteen seassa liikkuvat anturi-ajoneuvot)
- Tietoliikenneverkon tuottamien paikannustietojen hyödyntäminen (GSM)

Nykyään käytössä olevia mittausmenetelmiä ja niiden käyttökokemuksia on kartoitettu sekä Suomesta että ulkomailta. Mittausmenetelmien lisäksi on kuvattu esimerkkikohteiden mittausjärjestelmien päälle rakennettujen liikenteen hallinnan ja ohjauksen järjestelmiä ja käyttötarkoituksia yleisellä tasolla. Mittausmenetelmien ominaisuuksia ja luotettavuutta on arvioitu käyttäjäkokemusten ja tutkimustulosten pohjalta. Samalla on arvioitu mittausmenetelmien soveltuvuutta erilaisiin liikennetilanteisiin sekä suomalaisiin sääolosuhteisiin.

Kartoitustyön ja mittausmenetelmien soveltuvuusarvioiden perusteella on valittu kaksi kohdetta, joihin on laadittu pilottisuunnitelmat kahden lupavimman mittaustekniikan kokeilemiseksi ja vertailemiseksi käytännössä.

2 SEURANTATILANTEIDEN LIIKENTEELLINEN LUOKITTELU

Liikenteen mittaus- ja seurantamenetelmien ominaisuusvaatimukset ja käytökelpoisuus riippuvat liikenteen mittauksen tavoitteista (tilastointi, seuranta, liikenteen tiedotus, ohjaus ja hallinta) sekä liikenteellisistä olosuhteista tieosuuksilla, joita halutaan mittauksen avulla seurata. Eri mittausmenetelmien arviointia varten liikenteen seurantatilanteet on luokiteltu neljään liikenteellisesti erilaiseen kategoriaan, joiden seurannassa mittausmenetelmiä voidaan Suomessa erityisesti hyödyntää. Kartoitusvaiheessa tarkasteltujen mittausmenetelmien käytökelpoisuutta ja soveltuvuutta Suomen tiestölle on arvioitu suhteessa näihin liikennetilanteisiin menetelmän teknisen toimivuuden ja sää- ja keliolosuhteiden sietokyvyn lisäksi.

Yhteistä kaikille kategorioille on se, että liikenne ruuhkautuu ajoittain pahoin. Ruuhkautumisella tarkoitetaan tässä yhteydessä liikennetilannetta, jossa liikenne jonoutuu voimakkaasti, liikenteen nopeus laskee lähelle nollaa, liikenne pysähtele ajoittain tai seisoo kokonaan.

Päivittäin ruuhkautuvat kaupunkiseutujen sisääntulo- ja kehätiet. Päivittäin ruuhkautuvilla kaupunkiseutujen tieosuuksilla tarkoitetaan tieosia, jotka ruuhkautuvat säännöllisesti arkipäivien työmatkaliikenteen huipputuntien tai kaupallisten ruuhkahuippujen aikana suurten liikennemäärien vuoksi.

Tällaisia tieosuuksia ovat pääsääntöisesti suurten kaupunkien sisääntuloväylät ja kehätiet sekä suurten kaupan keskittymien tai muiden erityisen paljon liikennettä synnyttävien toimintojen pääyhteydet (satamat, lentoasemat, terminaalit tms.).

Päivittäin säännöllisesti ruuhkautuvilla tieosuuksilla kiinteiden ja mittavien liikenteen mittaus- ja seurantajärjestelmien toteuttaminen on perusteltua suurten liikennemäärien vuoksi. Toisaalta parhaan hyödyn saavuttamiseksi mittaus- ja seurantatieto kannattaa näillä osuuksilla liittää automaattiseen liikenteen ohjaukseen ja hallintaan. Pelkkä seuranta ja mittaus eivät välttämättä tarjoa lisäinformaatiota, koska päivittäinen ruuhkautuminen on joka tapauksessa ennalta tiedossa.

Eräitä esimerkkejä päivittäin ruuhkautuvista taajamatieosuuksista:

- Helsingin pääsisääntuloväylät (esim. VT 1, VT 3, VT 4) varsinkin aamuruuhkassa
- Pääkaupunkiseudun kehätiet (Kehä I, II ja III) aamu- ja iltaruuhkassa
- Tampereen pääsisääntuloväylät (VT 12, VT 9) ja kehätie
- Muiden suurten kaupunkien pääsisääntuloväylät

Ajoittain ruuhkautuvat muut tieosuudet. Ajoittain ruuhkautuvilla teillä tarkoitetaan pääsääntöisesti taajamien ja kaupunkien välisiä tieosuuksia, joilla esiintyy ruuhkia esimerkiksi kesäliikenteen huippuaikoina ja merkittävimpiä juhlapyhinä (joulu, juhannus, muut yleiset loma-ajat). Tieosilla voi normaalitalanteissakin esiintyä ruuhkia esim. huonon sään takia. Ruuhkien syynä ovat pääsääntöisesti suuret liikennemäärät.

Ajoittain ruuhkautuvilla tieosuuksilla liikenteen mittauksesta ja (automatisoidusta) seurannasta saadaan hyötyjä, koska jonoutumistilanteet ja niiden vakavuus eivät aina ole yhtä ennakoitavissa kuin päivittäin ruuhkautuvilla osuuksilla juhlapyyhiä lukuun ottamatta. Mittaustiedon perusteella ongelmat voidaan havaita ja ryhtyä ohjaustoimenpiteisiin. Toisaalta ajoittain ruuhkautuvilla osuuksilla raskaat mittaus- ja seurantajärjestelmät voivat olla ylimitoitettuja ongelmatilanteiden määrään ja vakavuuteen nähden.

Eräitä esimerkkejä taajamien ulkopuolisista ajoittain ruuhkautuvista tieosuuksista:

- VT 4 Lusi–Jyväskylä
- VT 5 Lusi–Mikkeli
- VT 6 Koskenkylä–Kouvola
- VT 9 Tampereelta itään
- Kt 51 Espoonlahden jälkeen Kirkkonummella (jonoutuu herkästi myös päivittäin Länsiväylän muuttuessa 2+2-kaistaiseksi)
- Saaristotie 180 Nauvoon ja Korppooseen

Rajaliikenne -kategoriassa ruuhkautuminen ja jonoutuminen johtuvat pääsääntöisesti muusta kuin suurista liikennemääristä tai varsinaisesta tieosuuden kapasiteetin loppumisesta. Rajaliikennekategoriaan kuuluvat tieosuudet, joilla itärajan vilkas rekkaliikenne ja rajanylityspaikkojen toiminnalliset kapasiteettiongelmat erityisesti Venäjän puolella aiheuttavat seisovia jonoja. Kategoriaan voidaan laskea kuuluviksi myös mahdolliset muiden rajojen jonoutumistilanteet ja vastaavat muut jonoutumisongelmat, jotka eivät suoranaisesti johdu tiekapasiteetin ylittymisestä.

Jonoutumisen mittaamisen ja havaitsemisen näkökulmasta ongelmana on raskaan liikenteen jonojen sijainnin paikantaminen erityisesti rajalle johtavilla tieosuuksilla. Liikenteen mittausta vaikeuttavat rajalle johtavat erilaiset tietyytit sekä muu liikenne, joka pyrkii ohittamaan osittain ajokaistalla tai pientareella seisovaa tai hitaasti liikkuvaa rekkajonoa. Mittausjärjestelyt vaativat siten enemmän kohdekohtaisesti räätälöityjä ratkaisuja ja mahdollisesti eri tekniikoita kuin normaalit, suurista liikennemääristä johtuvat jonoutumistilanteet.

Mittausjärjestelyissä huomioitavia tietyytyyppejä ovat:

- Normaalit 1+1-kaistaiset tieosuudet
- Tieosuudet, joilla on levennetyt pientareet
- Tieosuudet, joilla on erilliset rekkakaistat
- Leveäkaistatiet
- 2+2 -kaistaiset tiet

Esimerkkejä rajaliikenteen vuoksi jonoutuvista teistä:

- VT 7 (sisältää 2+2-kaistaisia osuuksia, rekkakaistaosuuksia, piennarlevennyksiä, katuja sekä nykytilanteessa vielä 1+1-kaistaisia ja leveäkaistaosuuksia)
- VT 13 (Nuijamaa: 1+1-kaistaisia osuuksia ja rekkakaistaosuuksia)
- VT 6 (Lappeenranta / Imatra: 2+2-kaistaisia osuuksia, leveäkaistaosuuksia, 1+1-kaistaisia osuuksia)
- Kt 62 (VT 6 – Imatran rajanylityspaikka, 1+1-kaistainen tie)

Muut liikenteen erikoistilanteet. Muita liikenteen erikoistilanteita, joissa on liikenteen seurannan ja mittauksen tarpeita, ovat suuremmat tietyömaat ja yleisötapahumat. Muille liikenteen seurannan ja mittauksen tilanteille on ominaista väliaikaisuus, ennakoitavuus ja usein myös kertaluonteisuus (pois lukien vuosittain järjestettävät suuret ruuhkia aiheuttavat yleisötapahumat). Tällaisiin mittaustilanteisiin soveltuu pääsääntöisesti siirrettävä mittauslaitteisto tai muu kevyempi järjestely.

Esimerkkejä muista liikenteen seurannan tarpeita aiheuttavista liikenteen erikoistilanteista:

- Suuret pääväylien työmaat: tätä työtä kirjoitettaessa Hakamäentien parantaminen, Kehä I tunnelointi Vallikalliossa
- MM-ralliosakilpailu Jyväskylässä, muut liikennettä tuottavat suuret urheilutapahumat
- Suositut messutapahumat, konsertit ja muut kokoontumiset
- Suurten kauppakeskusten avajaiset

3 LIIKENTEEN MITTAUSMENETELMIÄ

3.1 Suomessa käytettyjä mittaustekniikoita

3.1.1 LAM-pisteet

Liikenteen automaattisia mittauspisteitä (LAM-pisteitä) on yli 400 ympäri maata, ja niitä rakennetaan lisää uusien tiehankkeiden ja telematiikkahankkeiden yhteydessä. LAM-piste tunnistaa ajoneuvon kahden peräkkäisen ilmaisinsilmukan avulla ja ilmaisutiedot välitetään Tiehallinnon keskus- ja ohjausjärjestelmiin kiinteän tai matkapuhelinverkkoyhteyden kautta.

LAM-pisteet ja niihin perustuvat tilastointijärjestelmät ovat tieverkon liikenteen pääasiallinen seuranta- ja tilastointimenetelmä. LAM-pisteitä käytetään myös liikenteen tiedotus-, ohjaus- ja hallintajärjestelmien osina tuottamassa järjestelmien tarvitsemää liikennemäärä- ja sujuvuustietoa.

LAM-pisteiden mittausluotettavuus liikennemäärälaskennan ja ajoneuvotunnistuksen osalta on todettu hyväksi (Saastamoinen 2003). Induktioon perustuva ilmaisintekniikka ei ole herkkä sään tai kelin vaihteluille. Muuten talviolosuhteet (tien pinnan kuluminen, aeraus, kelirikko, päällystevauriot) aiheuttavat ilmaisinvikoja ja ylläpito-ongelmia. Induktioilmaisimet eivät sovellu siltakansille eivätkä teräsverkkovahvisteisille tieosille.

LAM-mittaustekniikan ominaisuuksia ja käyttökokemuksia rajaliikenteen seurannassa ja mittauksessa on esitetty liitteessä 1.

3.1.2 Matka-aikamittaus (rekisterikilpitunnistus)

Matka-aikatietopalvelu kattaa noin 3 200 km runkotieverkkoa. Matka-ajan mittausjärjestelmä on käytössä pääkaupunkiseudun pääväylillä, suurimpien kaupunkien tieverkolla sekä muutamilla muilla tieverkon yhteysväleillä, kuten rajaliikenteen kannalta merkittävimmillä tieosuuksilla. Järjestelmää käytetään tiedotukseen, ohjaukseen ja liikenteen seurantaan. Matka-ajanmittaus perustuu rekisterikilven automaattiseen tunnistukseen kahdessa mittauspisteissä infrapunakameroiden avulla. Järjestelmällä tuotetaan informaatiota liikenteen tiedotukseen sekä enenevässä määrin myös matka-aikojen ja sujuvuustietojen tilastointiin.

Matka-aikamittauksissa (rekisterikilpitunnistus) ohiajavien ajoneuvojen tunnistamisasteeksi on arvioitu noin 20–40 % (Ristikartano et al. 2008). Huonot valaistus- ja sääolosuhteet vaikuttavat selvästi mittaustuloksiin. Matka-ajan mittaustekniikka soveltuu omaan käyttötarkoitukseensa: vilkkaiden väylien matka-aikojen havaitsemiseen ja niiden perusteella tehtäviin tiedotus-, ohjaus- ja tilastointitoimenpiteisiin. Vähäliikenteisillä teillä matka-aikamittauksen soveltaminen reaaliaikaisessa mittauksessa ja tiedottamisessa voi olla epävarmaa.

Matka-ajan mittaustekniikan ominaisuuksia ja käyttökokemuksia rajaliikenteen seurannassa ja mittauksessa on esitetty liitteessä 1.

3.1.3 Jonoilmaisimien

Jonoilmaisimet perustuvat samaan toimintaperiaatteeseen kuin LAM-pisteet: ilmaisu saadaan kaistakohtaisilta, peräkkäin asennetuilta induktiosilmukoilta. Jonoilmaisimissa ei välttämättä tarvita kahta peräkkäistä silmukkaa, vaan ilmaisimen tuottama varausaste voidaan mitata myös yhdellä silmukalla.

Jonoilmaisimia ei kuitenkaan kytketä LAM-pistettä vastaaviin tiedonkäsittely-yksiköihin, vaan varausasteparametri ohjataan yleensä suoraan ohjausjärjestelmään. Muita tunnuslukuja ei mitata. Tällä hetkellä jonoilmaisimia käytetään jonojen ja varausasteen mittaukseen ruuhkaohjauksessa muun muassa Kehä III:lla sekä tietunneleissa.

Jonoilmaisimien liikennetekninen mittausluotettavuus varausastelaskennassa ja tekninen luotettavuus on todettu hyväksi (Työpaja 2009). Sään ja kelin sietokyky on hyvä ja vastaa LAM-pisteitä.

Jonoilmaisintekniikan ominaisuuksia ja käyttökokemuksia liikenteen mittauksessa on esitetty liitteessä 2.

3.1.4 Kvantunnistus

Kvantunnistukseen perustuvia tieliikenteen mittausjärjestelmiä on Suomessa käytössä vain tietunneleissa (mm. Vuosaari ja E18:n tietunnelit). Tunnelijärjestelmät ovat häiriöntunnistusjärjestelmiä. Kvantunnistukseen perustuvia mittausjärjestelmiä ei ole Suomessa rakennettu tai testattu pelkästään liikenteen mittaukseen ja ruuhkantunnistusta varten lukuun ottamatta 1990-luvulla rakennettua Länsiväylän ruuhkantunnistusjärjestelmää, jonka yhteydessä testattiin myös kuvantulkintamenetelmää. Menetelmästä ei kuitenkaan tehty tarkempaa tutkimusraporttia, eikä se edennyt tuotantokäyttöön. Länsiväylän järjestelmän yhteydessä havaittiin kuitenkin kuvantulkinnan erityinen herkkyys valaistus- ja keliolosuhteille.

Yhdysvalloissa tehdyissä kokeissa kuvantunnistusjärjestelmien tekninen mitaustarkkuus ja -luotettavuus on todettu kohtuulliseksi, vaikka ruuhkaliikenteessä mittausvirheet yleensä kasvavat. Myös huono sää heikentää mittausluotettavuutta (Middleton et al. 2002).

Suomessa saatujen kokemusten mukaan kuvantunnistukseen perustuvat järjestelmät ovat erityisen herkkiä kalibroinnin onnistumiselle sekä valaistus- ja sääolosuhteille (Forsblom et al. 2006, Työpaja 2009). Asiantuntija-arvioiden mukaan kuvantunnistustekniikan toimivuus liikenteen mittauksessa ulkotiloissa on todennäköisesti huono ja sään suhteen erityisen epäluotettava (Työpaja 2009).

Kvantunnistustekniikan ominaisuuksia ja käyttökokemuksia liikenteen mittauksessa on esitetty liitteessä 3.

3.1.5 Tutkailmaisimet

Tieliikenteen mittaussovelluksissa käytettävien tutkailmaisimien toiminta perustuu yleensä ilmaisimen lähettämän radiosignaalin taajuuden muuttumi-

seen signaalin heijastuessa liikkuvasta kohteesta takaisin (ns. Dopplerin ilmiö). Myös muita tutkatekniikassa tunnettuja ilmaisumenetelmiä, kuten etäisyyden mittausta pulssin lähetyksen ja kohteesta heijastuneen signaalin vastaanoton välisen ajan perusteella, saattaa olla käytössä.

Tutkailmaisimilla on erilaisia käyttötarkoituksia ja sovellusmahdollisuuksia ilmaisintyyppistä riippuen. Ajoin siviiliin 3–10 m korkeuteen (tai ajokaistan yläpuolelle) asennettavilla ilmaisimilla voidaan mitata useammalta kaistalta erilaisia liikenteen tunnuslukuja, mukaan lukien ajonopeus, varausaste ja läsnäolo.

Tutkailmaisimia on käytetty Suomessa lähinnä liikennevaloilmaisimina ja siirrettävinä liikenteen mittauspisteinä (liikennemäärät, -nopeus ja ajoneuvopi-tuus). Varsinaiseen liikenteen tunnuslukujen mittaukseen tarkoitettuja, kiinteästi asennettavia ja kaistakohtaisia tutkailmaisimia ei ole Suomessa käytössä.

Tutkailmaisimien ilmaisuvarmuus on hyvä, mutta niiden heikkona puolena ovat virheilmaisut heijastumisista. Liikennevaloissa käytetyissä ilmaisintyy-peissä ongelmana on ollut myös matalien nopeuksien ja paikallaan olevan kohteen havaitseminen (Mäenpää 2009). Liikenteen seurantaan tarkoitettuisa monipuolisemmissa ilmaisimissa eri laitetoimittajien ilmoittamat mittaus-tarkkuudet ovat hyviä (80–99 % hyvissä olosuhteissa). Yhdysvalloissa tehdyissä kokeissa liikennemäärä- ja nopeushavainnoissa on todettu jonkin ver-ran virheitä ruuhka-aikoina (Middleton et al. 2002). Laitetoimittajan mukaan tutkailmaisimet yliarvioivat yleensä liikennemääriä hitaasti liikkuvassa liiken-teessä (Audicana 2009).

Ylläpito- ja investointikustannukset on todettu edullisiksi. Laitteet eivät myös-kään ole kovin herkkiä sää- ja valaistusolosuhteille (Middleton et al. 2002). Tutkailmaisimia on myös käytössä erilaisissa sovelluksissa sääolosuhteil-taan hankalissa kohteissa, kuten Venäjällä ja Pohjois-Amerikassa. Laitteita on käytetty myös jonon- ja ruuhkantunnistusjärjestelmissä. Kaikkien mittaus-tulosten (nopeus, varausaste, ajoneuvoluokittelu) mittausvarmuudesta talvi-olosuhteissa ei kuitenkaan ole kokemuksia tai tutkimustuloksia.

Tutkailmaisimien ominaisuuksia liikenteen mittauksessa on esitetty myös liit-teessä 4.

3.1.6 Infrapunailmaisimet

Passiivinen infrapunailmaisin havaitsee ilmaisimen keilassa tapahtuvat läm-pösäteilymuutokset tai lämpötilaeron tienpinnan ja mittauskohteen välillä. Aktiiviset infrapunailmaisimet (lasertutkat) toimivat tutkan tavoin ja havaitse-vat heijastukset/muutokset lähettämässään infrapunasäteilyssä. Nykyaikai-silla passiivisilla ilmaisimilla voidaan tuottaa läsnäoloilmaisuus sekä mitata ajo-neuvotyyppisiä ja nopeuksia. Suomessa passiivista infrapunailmaisinta on käytetty liikennevalojen kulkuilmaisimina.

Passiivisten infrapunailmaisimien mittaustarkkuus on hyvissä olosuhteissa kohtuullinen. Usean lähteen mukaan ilmaisintekniikan luotettavuus heikke-nee kuitenkin huomattavasti heikoissa olosuhteissa (ilmaisimen likaantumi-nen, auringonpaiste- ja varjot, liikenteen lämpimät pakokaasuvirtaukset, ve-

si- ja lumisade, sumu) (Tielaitos 1995, Middleton et al. 2002, FHWA 2006). Aktiivisien infrapunailmaisimien tarkkuus on hyvä, mutta keliolosuhteet vaikuttavat myös niiden toimivuuteen negatiivisesti (FHWA 2006).

3.2 Muita mittaustekniikoita

Magneettiset ilmaisimet (magnetometrit) perustuvat ajoneuvojen aiheuttamaan Maan magneettikentän muutokseen ajoneuvon ylittäessä magnetometrin (FHWA 2006). Pienikokoinen ilmaisimien asennetaan tien pinnan alle. Ilmaisimia on olemassa myös langattomina (ei tien alaisia johdotuksia) akukäyttöisinä versioina, jotka kytketään tiedonsiirtoyksikköön langattoman verkon kautta. Ilmaisimella voidaan mitata liikennemääriä, nopeuksia, varausastetta ja jonoja (Innamaa et al. 2002).

Magnetometri vastaa mittaustarkkuudeltaan ja -luotettavuudeltaan ilmaisinsilmukoita. Määrälaskennassa magnetometrit voivat olla jopa silmukoita tarkempia. Myös läsnäoloilmaisut ovat luotettavia. Nopeusmittaukseen käytetään yleensä kahta peräkkäistä ilmaisinta induktiosilmukoiden tavoin. Sääolosuhteet eivät vaikuta mittaukseen (FHWA 2006).

Magnetometri-ilmaisimia on kokeiltu liikennevaloilmaisimina Turussa vuodesta 2006 lähtien. Ilmaisinta on käytetty läsnäolo- ja kulkuhavaintojen saamiseen. Ilmaisimet ovat toimineet hyvin ja olleet teknisesti luotettavia. Kokemusten mukaan läsnäoloilmaisimena on syytä käyttää kahta peräkkäistä ilmaisinta (Tirroniemi 2009). Käyttökokemuksia monipuolisemmasta liikenteen mittauksesta (varausaste, nopeudet) ei kuitenkaan ole.

Ultraääni-ilmaisimet kykenevät laitetyypistä riippuen laskemaan liikennemääriä, läsnäoloa ja varausastetta. Ilmaisimien kattaa yleensä vain yhden kaistan (FHWA 2006). Ultraääni-ilmaisimia ei ole Suomessa laajemmassa käytössä liikenneteknisissä sovelluksissa pysäköintilaitosten järjestelmiä lukuun ottamatta (paikkakohtaiset läsnäoloilmaisimet). Lämpötilojen vaihtelun ja kovien tuulien mahdollinen häiriövaikutus voi vaikeuttaa ilmaisintyyppien käyttöä tieliikenteen seurannassa.

Akustiset ilmaisimet mittaavat liikennemääriä, läsnäoloa, varausastetta ja nopeutta pääsääntöisesti rengasmeluun perustuen. Laitetta ei suositella vaihtelevaan liikennetilanteeseen (esim. päivittäin tai ajoittain ruuhkautuvat tieosuudet), koska tunnistusalgoritmit on kalibroitu joko hitaalle tai nopealle liikenteelle eivätkä toimi molemmissa tilanteissa luotettavasti. Myös sääolosuhteen häiritsevät laitteen toimintaa (FHWA 2006).

Yhdistelmäilmaisimet koostuvat useista mittaustekniikoista. Yleisimmin yhdistelmäilmaisimissa on yhdistetty (mikroaalto)tutka ja passiivinen infrapunailmaisimien tai ultraääni-ilmaisimien ja passiivinen infrapunailmaisimien tai kaikki kolme ilmaisintyyppiä. Yhdistelmäilmaisimilla voidaan mitata useita liikenteen tunnuslukuja, mukaan lukien hitaita ajonopeuksia, läsnäoloa ja jonoja. Ilmaisinyhdistelmillä päästään yksittäisteknologioita tarkempaan tulokseen. (FHWA 2006).

Muita mittaustekniikoita on kuvattu myös liitteessä 6.

3.3 Ulkomailla käytetyt tekniikat ja järjestelmät

3.3.1 Tanskan tiehallinnon järjestelmät

Tanskan moottoritie- ja muulla päätieverkolla on käytössä Tanskan tiehallinnon (Vejdirektoratet 2009a) TRIM-järjestelmä (Traffic Informatics on Motorways). TRIM-järjestelmän tuottamaa tietoa jaetaan liikkujille muun muassa trafikken.dk-sivuston kautta (Vejdirektoratet 2009b).

TRIM-järjestelmän rakentaminen aloitettiin 1997 matka-aikatiedon tuottamiseksi Kööpenhaminan alueen moottoriteiltä, ja vuonna 2001 järjestelmä kattoi jo 110 tiekilometriä. Järjestelmän tiedot tuotettiin aluksi perinteisten silmukkaitmaisimien avulla. Ilmaisimet oli sijoitettu 1,5 kilometrin välein seurattaville tieosuuksille sekä kaikkien sisään- ja ulostuloramppien kohdalle (Lauritzen 2001).

Tämän jälkeen järjestelmää on laajennettu siten, että vuonna 2009 Kööpenhaminan alueelle rakennettu silmukkaitmaisimiin perustuva järjestelmä kattoi 125 tiekilometriä. Järjestelmään kuuluvat ilmaisimet rekisteröivät ilmaisimen ohittaneiden ajoneuvojen lukumäärän, ajoneuvotyyppin sekä ajoneuvon nopeuden.

Silmukkaitmaisimien lisäksi Odensen ja Frederician väliselle moottoritielle on toteutettu matka-aikoja mittaava infrapuna-alueella toimiviin kameroihin ja automaattiseen rekisterinumeron tunnistukseen perustuva järjestelmä. Vuonna 2004 järjestelmä mittasi matka-aikaa kuudella eri yhteysvälillä kymmenen eri mittauspisteen avulla (Vejdirektoratet 2004). Tämän jälkeen järjestelmää on laajennettu uusille tieosuuksille.

3.3.2 Tukholman matka-aikajärjestelmä

Tietoja liikennetilanteesta Tukholman seudulla jaetaan Trafiken.nu-sivuston kautta (<http://www.trafiken.nu>). Sivuston kautta on saatavilla liikennetilannetietoa merkittävimmiltä Tukholman alueen väyliltä. Järjestelmä perustuu matka-aikatiedon tuottamiseen siltoihin ja portaaleiden asennettujen kameroiden ja automaattisen rekisterinumeron tunnistuksen avulla. Suunnitelmassa on kuitenkin järjestelmän täydentäminen liikenteen seassa liikkuvista an-turiajoneuvoista kerättävillä tiedoilla (kelluvan ajoneuvon menetelmä).

3.3.3 Tukholman ruuhkamaksujärjestelmä

Tukholman alueelle rakennettiin joitakin vuosia sitten ruuhkamaksuja autoilijoilta keräävä järjestelmä. Tukholman alueen ruuhkamaksu on alueeseen perustuva tienkäyttömaksu, jota peritään Tukholman keskustaan saapuvien ajoneuvojen haltijoilta. Järjestelmään kuuluu yhteensä 18 keskustaan ja sieltä pois johtaville väylille sijoitettua tarkastuspistettä.

Ruuhkamaksujen keräämiseksi ja maksun suorittamisen valvomiseksi järjestelmässä tuotetaan tietoja tarkastuspisteet ohittavista ajoneuvoista useilla eri tekniikoilla. Edellä mainittujen käyttökohteiden lisäksi järjestelmän tuottamaa ajantasaista ja historiatietoa käytetään liikenteen tilastointitarkoituksiin.

Tarkastuspiste on tyypillisesti varustettu kameroilla, laserskannerilla sekä DSRC-radiomajakalla. Tarkastuspisteellä on jokaista kaistaa kohti kaksi kameraa, jotka kuvaavat pisteen ohittavan ajoneuvon edestä ja takaa. Kameran on asennettu kaistan yläpuolelle. Kameroiden kuva käsitellään kuvantulkintaohjelmalla, joka lukee tarkastuspisteillä otetuista kuvista ajoneuvojen rekisteritunnukset.

Tarkastuspisteelle sijoitettu laserskanneri tarkkailee kaistan yläpuolelta tien pintaa ja ilmaisee ajoneuvot, jotka saapuvat tarkastuspisteelle. Laserskannerilla kyetään myös luokittelemaan ajoneuvot niiden ulkomittojen perusteella, mutta tätä ominaisuutta ei käytetä Tukholman järjestelmässä, jossa maksu ei riipu ajoneuvotyyppistä.

Kameroiden ja laserskannerin lisäksi tarkastuspisteille on asennettu DSRC-radiomajakat, jotka kommunikoivat ajoneuvossa olevan DSRC-tiedonsiirtoa hyödyntävän tiemaksulaitteen kanssa. DSRC-radiomajakat ovat olleet pois käytöstä marraskuusta 2008 lähtien.

Automaattinen rekisterinumeron tunnistus tarkastuspisteille asennettujen kameroiden kuvista onnistui 94,1 %:lle tarkastuspisteen ohittaneista ajoneuvoista kokeilun ensimmäisen neljän kuukauden aikana elokuusta lokakuuhun 2007. Kun lukuun lisätään DSRC-tekniikalla tunnistettujen ajoneuvojen osuus 1,7 %, saadaan automaattisesti tunnistettujen ajoneuvojen kokonaosuudeksi 95,8 %.

Kameroiden ja kuvantulkintaohjelmiston avulla kerätyistä ajoneuvojen rekisteritunnuksista virheellisiksi havaitaan noin 0,01 %. Useimmat näistä virheistä havaitaan verrattaessa järjestelmän lukemia rekisteritunnuksia ajoneuvorekisteriin tallennettuihin tietoihin tai muissa vastaavissa tarkistuksissa.

Ainakin seuraavien tekijöiden on havaittu vaikuttavan kameroiden ja kuvantulkintaohjelmiston avulla tapahtuvan automaattisen rekisterinumeron tunnistuksen onnistumiseen:

- kameroiden tyyppi ja asennustapa (kaistan yläpuolella tai sivulla)
- rekisterikilpien tyyppi ja laatu (esimerkiksi ulkomaisten rekisterikilpien tunnistus järjestelmälle vaikeampaa)
- sääolosuhteet (auringonvalon heijastuminen pinnoista ja lumi aiheuttavat ongelmia)
- muokattujen tai piilossa olevien rekisterikilpien määrä
- käytetty kuvantulkintaohjelmisto ja sen asetukset
- mahdollisuus verifioida kuvantulkinnan tulokset vertaamalla niitä ajoneuvorekisteristä löytyviin rekisteritunnuksiin

3.3.4 Fast Alert -järjestelmä (Ranska)

Ranskan Normandiassa toimiva SAPN-tieoperaattori on toteuttanut verkollisen seurantajärjestelmiä, joiden avulla pyritään havaitsemaan moottoritien tullipisteellä ympäri kääntyvät ja väärään suuntaan jatkavat ajoneuvot, ulosmenorampeista moottoritien ajoradalle ulottuvat jonot sekä moottoritiellä ajoradalle tai pientareelle pysähtyneet ajoneuvot. (Ferre 2007a)

Moottoritiellä väärään suuntaan kulkevien ajoneuvojen havaitseminen on toteutettu järjestelmässä Dopplerin ilmiöön perustuvilla tutkailmaisimilla, jotka on sijoitettu tulliasemia edeltäville tieosuuksille. Moottoritien ajoradalle ulosmenorampeista ulottuvien jonojen havaitseminen on toteutettu tutkailmaisimilla (Doppler), ja ne on sijoitettu kohteisiin, joissa liikenne usein jonottuu. Järjestelmän tutkailmaisimina on käytetty belgialaisen ICOMS-yhtiön ilmaisimia (<http://www.icoms.be>).

Pientareelle tai ajoradalle pysähtyneiden ajoneuvojen havaitseminen on toteutettu videokameroihin pohjautuvan automaattisen järjestelmän avulla. Järjestelmän havaitessa väärään suuntaan kulkevan ajoneuvon, ajoradalle ulottuvan jonon tai esteen tiellä, varoittaa se tienkäyttäjiä muuttuvien opasteiden avulla ja välittää tiedot tapahtumasta liikennekeskukselle.

Järjestelmän teknisen toimivuuden ja vaikuttavuuden arvioinnissa saatuja tuloksia on koottu taulukkoon 1. Tutkamittauksiin perustuvissa väärään suuntaan ajavien ajoneuvojen ja päätielle yltävien jonojen havaitsemisesta on saatu hyviä tuloksia, tosin väärään suuntaan ajosta on saatu myös vääriä hälytyksiä. Kuvantunnistukseen perustuva ajoradalle pysähtyneiden ajoneuvojen havaitseminen on toiminut kohtuullisesti, mutta järjestelmän ylläpito ja sääherkkyys on koettu ongelmaksi.

Taulukko 1. Järjestelmien toimivuus ja vaikuttavuus (Ferre 2007b).

Systems	Ghost driving	Queue at Exits	Lack of hard shoulder
•Reliability	good (>99,99%)	good	Real alarm = 92 %
•Accuracy	good	good	good
•Portability	easy	easy	need video an infra
•Maintenance	easy	easy	difficult (video)
•Immunity	good	good	weather influence
•Efficiency	difficult to evaluate	very efficient	speed reduction
•User's understanding	reaction ?	good	depending on VMS message
•TCC Feedback	problem of false alarms	good acceptance	great help (detection)

4 MITTAUSTEKNIKOIDEN ARVIOINTI JA KEHITTÄMISTARPEITA JONOUTUNEEN LIIKENTEEN MITTAAMISESSA

LAM-pisteiden (nykyisin käytetyn DSL4-laskentalaitteen) ongelmana hitaan ja pysähtelevän liikenteen osalta on mittaustarkkuuden heikkeneminen 10–20 km/h nopeustasojen alapuolella. Laskentalaitte ei käsittele alhaisten nopeuksien havaintoja. LAM-pisteet eivät siten sovellu jonojen tai erityisen ruuhkaisen liikenteen seurantaan.

Induktiosilmukoihin perustuvan mittaustekniikan ja LAM-laitteiston suurimpana kehitystarpeena on kehittää laskentalaitetta siten, että se huomioi ja käsittelee myös hitaan liikenteen ilmaisut. Jonoutuvan liikenteen mittauksessa ja seurannassa laitteen tulisi tuottaa ainakin varausastelaskenta jonohavaintoja varten (huolimatta mahdollisista virrehavainnoista tilastoinnissa). Kehittämismahdollisuuksia ovat esimerkiksi:

- Nykyisen laskentalaitteen ohjelmistokehitys, mahdollisesti varausasteen laskenta aikavälihavaintojen kautta.
- Nykyisen laitteen tiedonkäsittelyn, -siirron ja -formaatin kehittäminen siten, että hitaan liikenteen aikaiset havainnot käsitellään seuranta- ja ohjausjärjestelmien käyttöön, mutta karsitaan virallisista tilastohavainnoista. Tilastoon menevään dataan merkitään nopeudeksi esim. <15 km/h, eikä tilastoida ajoneuvotyyppiä tai aikaväliä, jos ilmaisimen luotettavuus on liian heikko.
- Uuden laskentakojetyypin testaus hitaan ja pysähtelevän liikenteen tilanteissa ja integrointi nykyisiin ohjaus- ja tilastointijärjestelmiin

Matka-ajanmittausjärjestelmän tekniikka ei sovi suoraan jono- tai ruuhkailmaisimeksi. Hitaan ja seisovan liikenteen mittauksessa kahden pisteen matka-aikamittaus vaatii kehittämistä (esim. lyhyen aikavälin ennusteet). Järjestelmä ei havaitse matkalle jonoon pysähtyvää ajoneuvoa eikä osaa ilmoittaa nopeasti syntyvästä ruuhkasta (esim. häiriöt, kaistan tukkeutuminen rekajonon tai onnettomuuden takia). Myös hitaammin syntyvässä ruuhkassa ruuhkautumistieto saadaan viiveellä. Matka-aikatiedon käyttö ruuhkan tunnistukseen edellyttää aina jonkinlaisen liikenne- tai matka-aikaennustemallin kehittämistä, validointia ja kalibrointia. Rekisterikilpitunnistukseen perustuva tekniikka on myös herkkä sää- ja valaistusolosuhteille. Matka-aikatietoja voidaan käyttää muiden mittausten tukena ruuhkan tunnistamisessa (tai päinvastoin). Laadukkaiden mittalaitteiden kustannukset ovat myös melko korkeita suhteessa käyttötarpeeseen vähäliikenteisimmillä väylillä.

Jonoilmaisin soveltuu hyvin jonoutuvan ja seisovan liikenteen ilmaisimeksi. Eräs ongelma voi olla kuitenkin ns. itseresetoituminen, jolloin pitkään varattuna ollut ilmaisim kalibroitu itsensä ajoneuvon ollessa vielä ilmaisimen päällä. Tämän jälkeen kalibroitu ilmaisim ei enää havaitse yliajavia ajoneuvoja, koska kalibrointitaso on liian korkea. Seisovassa jonossa ilmaisim saattaa myös jäädä ajoneuvojen väliin, jolloin varausastehavaintoa ei saada. Toisaalta parisilmukkana toteutettuna ilmaisim kattaa melko pitkän välin. Rajaliikenteen ja rekkajonojen tunnistuksessa ongelmaksi muodostuvat myös pientareella pysäköivät rekat ja ilmaisimen mahdollinen asennustarve päällystämättömään piennarkaistaan.

Jonoilmaisimien on kytkettävissä LAM-pistettä vastaavasti monipuolisempaan laskentalaitteeseen, tiedonsiirto-, tallennus- ja raportointijärjestelmiin. Jonoilmaisimen soveltaminen varausasteen lisäksi myös muiden liikenteen tunnuslukujen mittaukseen vaatii vastaavaa laskentalaitetta kuin LAM-piste. Monipuolisempien tunnuslukujen tuottamisen ja tilastoinnin osalta jonoilmaisimen käyttömahdollisuudet ja kehittämistarpeet ovat samat kuin LAM-pisteellä (nykyisin käytetyn LAM-laskentalaitteen kehitys tai uuden laskentalaitteen testaus).

Kuvantunnistustekniikka on todettu suomalaisissa tunnelijärjestelmissä sekä kansainvälisissä lähteissä erityisen herkäksi valaistus- ja sääolosuhteille. Tekniikka ei siten suoraan sovellu hitaan liikenteen ilmaisimeksi suomalaisissa sää- ja keliolosuhteissa. Suomessa ei kuitenkaan ole varsinaisia kokemuksia nykyaikaisten kuvantunnistusjärjestelmien käytöstä pelkässä jonnontunnistuksessa tai liikenteen mittauksessa. Teknisesti nykyiset järjestelmät kykenisivät ruuhkan, hitaiden nopeuksien ja jonojen tunnistukseen ainakin hyvissä olosuhteissa.

Kuvantunnistustekniikan etuna jonon- ja ruuhkantunnistuksessa on myös se, että tekniikalla saadaan poikkileikkauksen sijasta mitattua pidempää tieosuutta. Esimerkiksi eritasoliittymän risteyssiltaan tai korkeaan pylvääseen asennettuna kamera voitaisiin asettaa mittaamaan arviolta 100–200 m tieosuutta. Pitkällä havaintoalueella saadaan etua rajaliikenteen rekkajonojen ja muiden jonojen tunnistuksessa. Mittausetäisyyden kasvaessa tarkkuus kuitenkin kärsii.

Jatkossa kuvantunnistustekniikan parhaita mittaussominaisuuksia, kuten liikennevirran nopeutta ja väärään suuntaan ajavien tunnistusta, kannattaisi testata avoimessa tieympäristössä. Testauksessa voitaisiin mahdollisesti käyttää nykyisten tunnelijärjestelmien ulkokameroita jakamalla kuva testattavalle tunnistuskortille.

Lämpökameroihin perustuva tunnistusjärjestelmä saattaisi vähentää sää- ja erityisesti valaistusolosuhteiden aiheuttamia ongelmia kuvantunnistuksessa (Työpaja 2009). Lämpökameroihin perustuvien järjestelmien ja kuvantunnistusalgoritmien olemassaolo ja käyttökokemukset olisi hyvä selvittää.

Mittaustuloksiltaan riittävän laadukkaiden laitteiden kustannukset ovat kuitenkin muihin mittalaitteisiin nähden korkeat. Sopivimmat käyttökohteet, mikäli kuvantunnistuslaitteiden jotkin ominaisuudet havaitaan riittävän varmatoimisiksi eri olosuhteissa, ovat siten lähinnä erityisen tarkkaa seuranta vaativilla vilkkailla tai muuten erityisen ongelmallisilla tieosuuksilla ja tärkeimpien liikenteen hallintajärjestelmien yhteydessä.

Tutkailmaisimien mittaustarkkuus on todettu kohtuullisen hyväksi. Nykyisillä tutkailmaisimilla voidaan mitata myös läsnäoloa ja varausastetta ja saada kaistakohtaisia tunnuslukuja, joten ne sopivat siltä osin hitaan ja jonoutuneen liikenteen mittaamiseen ja havaitsemiseen. Laitetoimittajan haastattelun mukaan heikoillakaan sääolosuhteilla tai mittalaitteen likaantumisella tai jäätymisellä ei ole merkittävää vaikutusta modernien tutkalaitteiden mittaustarkkuuteen tai luotettavuuteen (Rose 2009). Sääolosuhteiden vaikutuksesta mittaustarkkuuteen ei kuitenkaan ole täysin yksiselitteisiä ja riippumattomia arvioita, mutta suurimmalta osin tutkalaitteiden herkkyys olosuhteille on arvioitu melko vähäiseksi. Laitteita on myös laajemmassa käytössä Ruotsissa,

Tanskassa, Venäjällä ja Pohjois-Amerikassa. Pohjois-Amerikassa on myös tutkailmaisimiin perustuvia rajaliikenteen seurantasovelluksia.

Tutkailmaisimia ja niiden ilmaisuvarmuutta kannattaa kokeilla esim. rajaliikenteen jonojen tunnistuksessa sekä mahdollisesti LAM-pisteen korvaajana liikenteen ohjausjärjestelmissä. Ilmasin voi sopia myös ajoittain ruuhkautuvien tieosien liikenteen tiedotuksen tiedonlähteeksi sekä asennus- ja kalibrointivaatimuksista riippuen myös siirrettävänä laitteena liikennettä synnyttävien erikoistapahtumien liikenteen valvonnassa. Liikenteen tunnuslukujen tilastointitehtävässä tutkalaitteet eivät tuota kaikkea tietoa LAM-tilastointia vastaavassa laajuudessa ja formaatissa, joskin mittaustietojen käsittely- ja konvertointimahdollisuudet ovat yleensä hyvät. Todennäköisesti ainakin ajoneuvoluokittelu tulee kuitenkin aiheuttamaan ristiriitaisuuksia LAM-pistehavaintoihin nähden.

Infrapunailmaisimet ovat herkkiä sää- ja muille olosuhteille. Ne eivät siten ole ensisijainen vaihtoehto hitaan tai jonoutuneen liikenteen tai muuhun liikenteen tunnuslukujen mittaamiseen Suomessa, koska esimerkiksi tutkailmaisimet pystyvät vastaavien liikenteellisten tunnuslukujen mittaamiseen ja ovat vähemmän herkkiä sää- ja keliolosuhteille.

Magnetometrien mittaussuotettavuus ja tarkkuus ovat hyviä ja ne eivät ole herkkiä olosuhteille. Magnetometrin ilmaisuvarmuuden (erityisesti läsnäolo), kohtuullisten kustannusten, helpohkon asennuksen ja säänkestävyyden vuoksi ilmaisintyyppi soveltuu jonontunnistukseen ja todennäköisesti myös muiden liikenteen tunnuslukujen laskentaan. Laitetta voitaisiin mahdollisesti soveltaa myös siirrettävänä laitteena yleisötapauksien liikenteen valvonnassa, koska (langattoman) ilmaisinjärjestelmän asentaminen ei vaadi laajempaa päällysteen rikkomista tai kaapelointia.

Ultraääni-ilmaisimet soveltuisivat teknisiltä ominaisuuksiltaan jonoutuneen liikenteen mittaukseen. Ilmaisimien on todettu kuitenkin olevan herkkiä lämpötilan vaihteluille, mikä heikentää tarkkuutta suomalaisissa olosuhteissa. Ilmaisintekniikka ei siten tuo lisäetuja esim. tutkalaitteisiin verrattuna.

Akustinen ilmaisin ei vaikuta sopivalta vaihtelevan liikennetilanteen mittaukseen eikä Suomen olosuhteisiin. Ilmaisimet on vaikea kalibroida samanaikaisesti hitaan ja normaaliliikenteen mittaukseen, ja ilmaisin on herkkä taustamelulle (sade tms.).

Yhdistelmäilmaisimet pääsevät parempaan mittaustarkkuuteen ja -luotettavuuteen kuin yksittäisiä tekniikoita hyödyntävät ilmaisimet. Ilmaisimet ovat kuitenkin kalliimpia kuin yksittäisiä tekniikoita hyödyntävät ilmaisimet. Ilmaisintyyppien erilainen herkkyys sääolosuhteille voi mahdollisesti vaikeuttaa virheilmaisujen havaitsemista ja virheiden tunnistamista.

Seuraavassa taulukossa on esitetty yhteenveto eri mittaustekniikoiden soveltuvuudesta hitaan liikenteen mittaukseen eri liikennetilanteissa ja käyttö-tarkoituksissa suomalaisissa olosuhteissa.

Taulukko 2. Yhteenvedo kartoituksessa käyttökelpoisimmiksi arvioitujen mittaustekniikoiden soveltuvuudesta eri liikennetilanteisiin ja käyttötarkoituksiin.

	Liikenteen hallinta-, ohjaus- ja tiedotusjärjestelmän osa ruuhkantunnistuksessa	Liikenteen automaattinen seuranta	Tilastointi
Päivittäin ruuhkautuvat kaupunkiseutujen sisääntulo- ja kehätiet	<p>Induktiosilmukka (DSL4) ++ (rajoituksena jonontunnistus)</p> <p>Matka-aikamittaus + (vain tiedotuskäyttö ilman liikennemalleja, ennustemallin kanssa soveltuvuus huomattavasti parempi)</p> <p>Jonoilmaisain +++</p> <p>Tutkailmaisain ++ (Sääherkkyys varauksella: LAM- tai jonoilmaisimen mahdollinen vaihtoehto, jos tarvitaan maanpäällistä asennusta)</p> <p>Magnetometri ++ (LAM-pisteen tai jonoilmaisimen vaihtoehtona, etuna kevyempi asennus)</p> <p>(Kvanttunnistus ?) <i>HUOM! Soveltuu käytännössä vain hyviin sää- ja valaistusolosuhteisiin, etuna kuvan välitys liikennekeskukseen</i></p>	<p>Induktiosilmukka (DSL4) ++ (rajoituksena jonontunnistus)</p> <p>Matka-aikamittaus + (vain tiedotuskäyttö ilman liikennemalleja, ennustemallin kanssa soveltuvuus huomattavasti parempi)</p> <p>Jonoilmaisain +++</p> <p>Tutkailmaisain ++ (Sääherkkyys varauksella: LAM- tai jonoilmaisimen mahdollinen vaihtoehto, jos tarvitaan maanpäällistä asennusta)</p> <p>Magnetometri +++ (LAM-pisteen tai jonoilmaisimen vaihtoehtona, etuna kevyempi asennus)</p> <p>(Kvanttunnistus ?) <i>HUOM! Soveltuu käytännössä vain hyviin sää- ja valaistus olosuhteisiin, etuna kuvan välitys liikennekeskukseen</i></p>	<p>Induktiosilmukka (DSL4) +++ (tunnuslukujen tuottaminen, vakiintunut käyttö)</p> <p>Matka-aikamittaus +++ (verkollisten sujuvuustunnuslukujen tuottaminen, vakiintunut käyttö)</p> <p>Tutkailmaisain + (Ei välttämättä täysin yhteensopiva nykyiseen tilastointijärjestelmään, ajoneuvoluokittelu)</p> <p>Magnetometri + (LAM-pisteen vaihtoehtona, ei välttämättä täysin yhteensopiva nykyiseen tilastointijärjestelmään)</p>
Ajoittain ruuhkautuvat muut tieosuudet	<p>Induktiosilmukka (DSL4) ++ (rajoituksena jonontunnistus)</p> <p>Matka-aikamittaus + (vain tiedotuskäyttö ilman liikennemalleja, kustannustehokkuus melko heikko hiljaisemmillä väylillä)</p> <p>Jonoilmaisain +++</p> <p>Tutkailmaisain +++ (Sääherkkyys varauksella: LAM- tai jonoilmaisimen mahdollinen vaihtoehto, jos tarvitaan maanpäällistä asennusta)</p> <p>Magnetometri +++ (LAM-pisteen tai jonoilmaisimen vaihtoehtona, etuna kevyempi asennus)</p>	<p>Induktiosilmukka (DSL4) ++ (rajoituksena jonontunnistus)</p> <p>Jonoilmaisain +++</p> <p>Tutkailmaisain +++ (Sääherkkyys varauksella: etuna maanpäällinen asennus, kohtuulliset kustannukset, mahdollinen siirto)</p> <p>Magnetometri +++ (LAM-pisteen tai jonoilmaisimen vaihtoehtona, etuna kevyempi asennus)</p>	<p>Induktiosilmukka (DSL4) +++ (tunnuslukujen tuottaminen, vakiintunut käyttö)</p> <p>Matka-aikamittaus ++ (vain vilkkaimmat väylät, kustannustehokkuus heikompi hiljaisilla väylillä)</p> <p>Tutkailmaisain + (Ei välttämättä täysin yhteensopiva nykyiseen tilastointijärjestelmään, ajoneuvoluokittelu)</p> <p>Magnetometri ++ (LAM-pisteen vaihtoehtona, ei välttämättä täysin yhteensopiva nykyiseen tilastointijärjestelmään)</p>
<p>+ Arvioiden mukaan puutteita teknisessä soveltuvuudessa tai kustannustehokkuudessa, merkittäviä tarpeita tekniikan kehittämisessä</p> <p>++ Kohtuullinen soveltuvuus ja kustannustehokkuus, tai hyvä soveltuvuus tietyin teknisin varauksin</p> <p>+++ Hyvä tekninen soveltuvuus ja kustannustehokkuus, arvion mukaan korkeintaan vähäisiä epävarmuustekijöitä</p>			

Erikoistilanteiden liikenteen seurannan mahdollisuuksien arviointi
MITTAUSTEKNIIKOIDEN ARVIOINTI JA KEHITTÄMISTARPEITA
JONOUTUNEEN LIIKENTEEN MITTAAMISESSA

	Liikenteen hallinta-, ohjaus- ja tiedotusjärjestelmän osa ruuhkantunnistuksessa	Liikenteen automaattinen seuranta	Tilastointi
Rajaliikenne (erityisesti rekkajonot)	<p>Induktiosilmukka (DSL4) + (ongelmana jonontunnistus, piennarpysäköinti)</p> <p>Matka-aikamittaus + (vain tiedotuskäyttö ilman liikennemalleja)</p> <p>Jonoilmaisin ++ (piennarpysäköinti?)</p> <p>Tutkailmaisoin ++ (Sääherkkyys varauksella: mahdollisuus piennarpysäköinnin havaitsemiseen, kustannukset kasvavat, jos halutaan kattaa pidempi tieosuus)</p> <p>Magnetometri +++ (LAM-pisteen tai jonoilmaisimen vaihtoehtona, etuna kevyempi asennus, hyvä mahdollisuus piennarasennukseen)</p> <p>(Kuvantunnistus ?) <i>HUOM! Soveltuu käytännössä vain hyviin sää- ja valaistusolosuhteisiin, etuna pidempi valvonta-alue ja kuvan välitys liikennekeskukseen, laadukkaat laitteet kalliita suhteessa käyttöön</i></p>	<p>Induktiosilmukka (DSL4) + (ongelmana jonontunnistus, piennarpysäköinti)</p> <p>Jonoilmaisin ++ (piennarpysäköinti?)</p> <p>Tutkailmaisoin ++ (Sääherkkyys varauksella: mahdollisuus piennarpysäköinnin havaitsemiseen, kustannukset kasvavat, jos halutaan kattaa pidempi tieosuus)</p> <p>Magnetometri +++ (LAM-pisteen tai jonoilmaisimen vaihtoehtona, etuna kevyempi asennus, hyvä mahdollisuus piennarasennukseen)</p> <p>(Kuvantunnistus ?) <i>HUOM! Soveltuu käytännössä vain hyviin sää- ja valaistusolosuhteisiin, etuna pidempi valvonta-alue ja kuvan välitys liikennekeskukseen, laadukkaat laitteet kalliita suhteessa käyttöön</i></p>	<p>Induktiosilmukka (DSL4) + (rekkajonontunnistus, ongelmat laskennassa rajanylityspaikoilla)</p> <p>Matka-aikamittaus + (verkollisten sujuvuustunnuslukujen tuottaminen, ei määrälaskentaan, riittävän laadukkaat laitteet kalliita)</p> <p>Tutkailmaisoin ++ (Hitaan liikenteen tarkkuus ylityspisteillä mahd. parempi kuin LAM-pisteillä, ajoneuvoluokittelu?)</p> <p>Magnetometri ++ (Hitaan liikenteen tarkkuus ylityspisteillä mahd. parempi kuin LAM-pisteillä, ajoneuvoluokittelu?)</p>
Muut liikenteen erikoistilanteet (väliaikaiset, ennakoitavat ja usein kerta-luonteiset häiriötilanteet, kuten työmaat ja yleisö-tapahtumat)		<p>Tutkailmaisoin ++ (Sääherkkyys varauksella: etuna maanpäällinen asennus, kohtuulliset kustannukset, mahdollinen siirto)</p> <p>Magnetometri ++ (Etuna kevyehkö asennus ja asennuskustannukset, siirrettävyys)</p> <p>IP-kamera / langaton <i>HUOM! Soveltuu käytännössä vain lyhytaikaiseen kuvan siirtoon liikennekeskukseen</i></p>	<p>Tutkailmaisoin ++ (Sääherkkyys varauksella: etuna maanpäällinen asennus, kohtuulliset kustannukset, mahdollinen siirto)</p> <p>Magnetometri ++ (Etuna kevyehkö asennus ja asennuskustannukset, siirrettävyys)</p>
<p>+ Arvioiden mukaan puutteita teknisessä soveltuvuudessa tai kustannustehokkuudessa, merkittäviä tarpeita tekniikan kehittämisessä</p> <p>++ Kohtuullinen soveltuvuus ja kustannustehokkuus, tai hyvä soveltuvuus tietyin teknisin varauksin</p> <p>+++ Hyvä tekninen soveltuvuus ja kustannustehokkuus, arvion mukaan korkeintaan vähäisiä epävarmuustekijöitä</p>			

5 LUPAAVIMMAT MITTAUSTEKNIIKAT JA PILOTTISUUNNITELMAT

5.1 Pilottikohteet ja -tekniikat

Nykyisten mittaustekniikoiden kartoituksen sekä soveltuvuusarvioiden perusteella lupaavimmiksi hitaan ja jonoutuneen liikenteen mittaustekniikoiksi Suomessa arvioitiin **modernit tutkalaitteet ja magnetometrit**. Magnetometrien ja tutkanilmaisimien hyödyntämisestä tieliikenteen mittaussovelluksissa on Suomessa vasta melko vähän kokemuksia. Näillä voidaan kuitenkin saavuttaa lisähyötyjä nykyisin käytössä oleviin mittaustekniikoihin kuten induktiivisiin silmukkailmaisimiin nähden.

Magnetometrin edut jo käytössä oleviin tekniikoihin nähden näyttäisivät liittyvän lähinnä mahdollisuuteen havaita alhaisilla nopeuksilla liikkuvat tai pysähtyneet ajoneuvot sekä silmukkailmaisimia yksinkertaisempaan ja halvempaan asennukseen. Kokemuksia erityyppisistä liikenneympäristöistä, ilmaisinten tuottamien raakatietojen laadusta sekä soveltuvuudesta pysähtyneen tai hitaasti liikkuvan jonon havaitsemiseen ei kuitenkaan juuri ole Suomessa. Perusteltuna voidaan pitää kokeilua, jossa selvitetään erityisesti magnetometrin tuottamien raakatietojen laatua sekä magnetometrin soveltuvuutta hitaan tai pysähtyneen jonon havaitsemiseen.

Tutkailmaisinten merkittävin etu on niiden siirrettävyys (asennus tien sivuun), silmukkailmaisimia edullisempi hinta sekä mahdollisuus mitata monen kaistan liikennettä yhdellä ilmaisimella. Tutkailmaisinten soveltuvuudesta hitaasti liikkuvan tai pysähtyneen jonon havaitsemiseen ei kuitenkaan ole kovin paljoa kokemuksia, ja eri laitteiden ominaisuudet poikkeavat toisistaan. Tutkailmaisinten kokeilua erikseen valittavissa kohteissa voidaan pitää perusteltuna – tällaisia kohteita voisivat olla esimerkiksi ne kohteet, joissa liikenteen seurannan tarve on väliaikainen tai joissa tien pintaan on vaikea asentaa silmukoita tai muita mittalaitteita. Mahdollisessa kokeilussa tulisi selvittää erityisesti ilmaisimien tuottamien raakatietojen laatua sekä ilmaisimien soveltuvuutta hitaan tai pysähtyneen liikenteen havaitsemiseen.

Työn aikana pidetyssä työryhmäkokoontumisessa pilotointiin parhaiten sopiviksi kohteiksi valittiin **rajaliikenteen seisovien rekkajonojen mittaus VT 7:llä sekä Kehä III:n päivittäin ruuhkautuva osuus VT 3:n länsipuolella**.

VT 7:n pilottikohteen valintaa puoltaa rekkajonoista aiheutuvat ongelmat ja tarve löytää seisovien jonojen tunnistukseen hyvin soveltuva tekniikka. Pilotitkohteeksi valittiin VT 7:n rekkakaistaosuus, jolloin laitteita saadaan testattua myös useampikaistaisella osuudella, jolla liikennetilanne eri kaistoilla vaihtelee voimakkaasti. Tekniikoita voidaan mahdollisesti testata myöhemmin myös päälystämättömän pientareen osalta.

Kehä III:lla pilottikohteen tulosten perusteella voidaan arvioida tekniikoiden soveltuvuutta myös osana laajempaa liikenteen ohjaus- ja hallintajärjestelmää, jossa LAM-pisteet on todettu ominaisuuksiltaan ajoittain puutteelliseksi erityisesti jonontunnistuksessa. Kehä III:lla laitteita voidaan testata myös ruuhkautuneessa tilanteessa, ja testitulokset ovat siirrettävissä muille päivittäin ruuhkautuville tieosuuksille, joilla on liikenteen mittauksen tarpeita.

Molemmissa pilottikohteissa on myös nykyiset liikenteen mittauspisteet sekä liikennekamerat, jolloin mittalaitteiden asennus ja koejärjestelyt helpottuvat.

5.2 Pilottikohde 1: VT 7, rekkajonojen tunnistus

5.2.1 Kohteen sijainti ja mittausjärjestelyt

Pilottikohde sijaitsee VT 7:llä Kurkelantien ja Kotolantien risteyksessä noin 2,5 km rajalta. Mittauspiste sijoitetaan risteuksen itäpuolelle noin 200–300 metrin etäisyydelle. Nykyinen LAM-piste sijaitsee noin 250 metriä risteyksestä rajalle päin, ja sitä voidaan käyttää tutkimuksissa tarvittaessa vertailukohteena. Kotolantien risteyksessä on myös kelikamera, jolla pilottikohdetta voidaan valvoa.



Kuva 1. VT 7, pilottikohteen sijainti.

Pilottikohteessa tutkitaan kahta mittaustekniikkaa, magnetometriä ja tutkailmaisinta.

Magnetometrit ovat mallia Banner M-Gage Flat-Pak Q7MB. Kyseessä on yksinkertainen mittausanturi, joka tuottaa päällä / pois -ilmaisun. Ilmaisimessa ei ole automaattista kalibrointitoimintoa, joten pitkään paikallaan pysyvä rekkajono ei aiheuta itseresetoitumisongelmaa.

Magnetometri-ilmaisimilla valvotaan noin 230 metriä rekkakaistaa. Tavoitteena on havaita mittajärjestelyillä rekkajonon pää sekä sen kasvaminen mitausalueella. Rekkakaistan ilmaisimet asennetaan rajalle päin lukien siten, että ensimmäinen ilmaisimien asennetaan noin sadan metrin päähän LAM-pisteeltä, tästä seuraavat kaksi ilmaisinta rajalle päin 100 metrin välein (jo-

non kasvun seuranta), ja lopuksi kolme ilmaisinta 10 metrin välein (jonon alkupisteen tunnistuksen varmistaminen).

Lisäksi sijoitetaan magnetometri-ilmaisinpari henkilöautoliikenteen kaistalle rajalle päin nykyisen LAM-pisteen kohdalle. Magnetometrit sijoitetaan siten, että LAM-pisteen kohdalla on kaksi ilmaisinta viiden metrin välein (henkilöautoliikenteen mittaustulosten vertailu LAM-dataan, mahdollisuus nopeustason mittauksiin).

Magnetometri-ilmaisimet asennetaan päällysteeseen. Ilmaisimia tulee yhteensä kahdeksan kappaletta.

Magnetometrit kytketään logiikkaan, joka tunnistaa läsnäolon sekä laskee liikennemäärän. Logiikkaohjelmoinnissa varaudutaan myös nopeuden tunnistukseen ja varausastelaskentaan.

Tutkailmaisimeksi esitetään EIS RTMS G4 -ilmaisinta. Ilmaisimien asennetaan LAM-pisteen kohdalle noin 10 metrin korkeuteen tien pohjoispuolelle. Asennuskorkeus ja suuntaus on varmistettava tarkemman suunnittelun yhteydessä. Ilmaisimella pyritään havaitsemaan rekkajono rekkakaistalla. Lisäksi mitataan henkilöautoliikenteen ajokaistat molempiin suuntiin ilmaisimen nopeus- ja laskentatarkkuuden tutkimiseksi.

Ilmaisinjärjestelyiden sähköt ja tietoliikenne hoidetaan nykyisen telematiikkajärjestelmän keskuksilta.

5.2.2 Tekninen toteutus ja kustannusarvio

Pilottikohteen toteutusperiaate on esitetty suunnitelmakartassa (liite 7) ja tietoliikenteen periaatekaaviossa (liite 7.1).

Pilotin kustannukset on arvioitu muodostuvan seuraavista osakokonaisuuksista:

– Magnetometrit ja lisälaitteet	3 000 €
– tutka	5 000 €
– sähkö- ja tietoliikenneasennukset	15 000 €
– ristikkopylväs	5 000 €
– sulautettu tiedonkeruujärjestelmä	10 000 €
– antureiden asennus ja liikennejärjestelyt	3 000 €
– suunnittelu- ja käyttöönottokustannukset	33 000 €
Kustannukset yhteensä	74 000 €

Pilottikohteen 1 rakentamiskustannuksiksi arvioidaan noin 75 000 euroa. Magnetometri- ja tutkaosalta on varauduttu sulautettuun tiedonkeruujärjestelmään laitteineen, suunnitteluineen ja käyttöönottoineen, mikä lisää kustannuksia kohteessa. Pelkkää läsnäolotietoa keräävä järjestelmä olisi huomattavasti edullisempi.

Lisäksi pilottikohteeseen suositellaan asennettavaksi väliaikainen kiinteä kamera, jota käytetään pilottikohteen tutkimuksissa. Näin vältetään tutkimusvaiheessa pidemmät maastokäynnit videokuvausten tekemiseksi. Ole-

massa olevan kameran käyttö nauhoittavana kamerana on ongelmallista, koska kameraa käytetään kelikamerana.

Tutkimuskameran ja kamerapalvelimen kustannuksiksi on arvioitu noin 8 000 €. Tutkimuskameran käyttö vaatii myös kuvantallentimen (noin 10 000 €) hankintaa. Kuvatallenninta voidaan käyttää molempien pilottikohteiden yhteisenä tallentimena, jolloin kohdekohtaiset kustannukset ovat 5 000 €. Tutkimuskamera, kamerapalvelin ja kuvatallennin voidaan siirtää myöhemmin muihin tarkoituksiin, joten niitä ei ole laskettu pilottien kustannusarvioon mukaan.

Pilottitutkimusten kustannukset määräytyvät myöhemmin tarkemman tutkimussuunnitelman ja toteutustavan selvittyä. Alustava koeasetelma ja tutkimussuunnitelman pääsisältö on esitetty luvussa 5.4.

5.3 Pilottikohde 2: Kehä III, ruuhkantunnistus

5.3.1 Kohteen sijainti ja mittausjärjestelyt

Pilottikohde sijaitsee Kehä III:lla Raappavuorentien liittymän itäpuolella noin 1,5 km VT 3:n eritasoliittymästä länteen. Mittauspiste sijoitetaan olemassa olevan jonoilmaisimen (LML013002) ja liikennekameran (LKA013005) kohdalle.



Kuva 2. Kehä III, pilottikohteen sijainti.

Pilottikohteessa tutkitaan kahta mittaustekniikkaa, magnetometria ja tutkailmaisinta.

Magnetometreiksi esitetään mallia SENSYS VSN240-F ja siihen liittyvää tiedonkäsittely- ja siirtoyksikköä. Ilmaisin on varustettu langattomalla tiedonsiir-

rolla. Ilmaisimessa on itseresetoitumisominaisuus, mutta se on kytkettävissä pois päältä ongelmien välttämiseksi.

Laite soveltuu läsnäolon ja varausasteen mittaukseen ja nopeusmittaukseen kahdella peräkkäisellä ilmaisimella. Pilottikohteessa suositellaan ilmaisinpain asentamista nopeushavaintojen luotettavuuden tutkimiseksi varausasteen ja läsnäolomittauksen ohessa. Samalla kannattaa tutkia laitteen määrälaskennan luotettavuutta.

Magnetometrit asennetaan päällysteeseen ilmaisinpareina (6 m etäisyydelle toisistaan). Ilmaisimia tarvitaan kahdeksan kappaletta, jos molemmat ajoradat halutaan mitata. Ensisijainen mittaussuunta on itään VT 3:n liittymään päin.

Tutkailmaisimeksi esitetään EIS RTMS G4 -ilmaisinta. Vaihtoehtoisesti voidaan testata Wavetronix SmartSensorHD -tutkailmaisinta (tai molempia ilmaisimia). Wavetronixin ilmaisin hyödyntää hieman korkeampaa kanta-aallon taajuutta, joten sen erottelukyky voi Kehä III:n monikaistaisissa ja vilkasliikenteisissä olosuhteissa olla jonkin verran tarkempi. Ilmaisin asennetaan jonoilmaisimen kohdalle, mahdollisuuksien mukaan olemassa olevaan Kehän eteläpuoliseen kameramastoon. Ilmaisimella pyritään havaitsemaan mahdollinen jonoutuminen ja varausaste sekä mittaamaan ajonopeudet ja liikennemäärät molempiin ajosuuntiin kaistoittain.

Ilmaisinjärjestelyiden sähkö- ja tietoliikenne hoidetaan nykyisen telematiikkajärjestelmän keskuksilta.

5.3.2 Tekninen toteutus ja kustannusarvio

Pilottikohteen toteutusperiaate on esitetty suunnitelmakartassa (liite 8) ja tietoliikenteen periaatekaaviossa (liite 8.1).

Pilotin kustannukset on arvioitu muodostuvan seuraavasti.

– Magnetometrit lisälaitteineen (tiedonsiirto- ja käsittely-yksikkö ja ohjelmisto, asennustarvikkeet)	12 000 €
– tutka	5 000 €
– sähkö- ja tietoliikenneasennukset	5 000 €
– mahdollinen ristikkopylväs	5 000 €
– datakeruusovellus	5 000 €
– antureiden asennus ja liikennejärjestelyt	3 000 €
– <u>suunnittelu- ja käyttöönottokustannukset</u>	<u>12 000 €</u>
Kustannukset yhteensä	47 000 €

Pilottikohteen 2 rakentamiskustannuksiksi arvioidaan noin 50 000 euroa. Myös pilottikohteeseen 2 suositellaan asennettavaksi väliaikainen kiinteä kamera, kamerapalvelin ja kohteiden yhteinen kuvatallennin, joita käytetään pilottikohteen tutkimuksissa (kustannukset noin 13 000 €). Olemassa olevan kameran käyttö pilottitutkimuksissa voi häiritä liikennekeskuksen valvontaa alueella. Väliaikainen kamera, kamerapalvelin ja kuvantallennin voidaan siirtää myöhemmin muihin tarkoituksiin, eikä niitä ole sisällytetty pilottikustannuksiin.

Tämän lisäksi on varauduttava pilottitutkimusten aiheuttamiin kustannuksiin. Alustava koeasetelma ja tutkimussuunnitelman pääsisältö on esitetty luvussa 5.4.

5.4 Koeasetelmat ja alustava tutkimussuunnitelma

Laitteiden tarkkuutta, luotettavuutta sekä olosuhteiden vaikutusta laitteiden luotettavuuteen tutkitaan maastotutkimuksella. Tutkimuksissa keskitytään erityisesti seuraaviin tekijöihin ja tunnuslukuihin.

- Läsnaolohavainnot ja varausaste (VT 7:n magnetometrien osalta vain läsnäolo, jos varausastelaskentaa ei ohjelmoida logiikkaan)
- Nopeushavainnot (VT 7:n magnetometrien osalta vain, jos laskenta ohjelmoidaan logiikkaan)
- Määrähavainnot

Maastotutkimus tehdään liikenteen videokuvauksen avulla. Videokuvaus kannattaa toteuttaa lisäämällä kiinteät kamerat nykyisiin kamera-asemiin ja tallentamalla kuvaa liikennekeskuksen ASAN-järjestelmään. Jos lisäkame-roita ei asenneta, on videokuvaukset tehtävä maastossa.

VT 7 tutkimuskohteen osalta pilottitutkimus on tehtävä kahdessa vaiheessa, koska tutkimuskamera on kohdistettava erikseen rekkajonon seurantatutkimusta ja tutka- ja magnetometri-ilmaisinarin toiminnan tutkimista varten. Rekkajonon seurannassa kamera kohdistetaan kauemmas pylväästä siten, että mitattava jakso näkyy kuvassa. Tutkan ja henkilöautoliikenteen mittaukseen käytettävien magnetometrien tutkimisessa kamera kohdistetaan mahdollisimman lähelle mittauspoikkileikkausta kuitenkin siten, että kamerassa näkyvä tienosa on riittävän laaja tutkimuksen tekemiseen (ohiaajat ajoneuvot voidaan vielä erotella ja nopeudet arvioida videokuvasta riittävällä tarkkuudella). Ensin suositellaan tehtäväksi rekkajonojen seurantatutkimus, jonka jälkeen kamera käydään kohdistamassa lähemmäs tutkan ja henkilöautoliikenteen kaistan magnetometriin mittauspoikkileikkausta.

Videokuvasta laskettuja tuloksia ja havaintoja verrataan pilottikohteiden LAM-pisteen, jonoilmaisimen ja uusien mittausantureiden antamiin arvoihin. Rekkajonojen tunnistuksen osalta seurataan lähinnä jonoutumistilannetta ja magnetometriin antamia havaintoja. Mittaukset tehdään seuraavissa liikennetilanteissa:

- pysähtelevä jono
- ruuhkautunut liikenne
- sujuva liikennetilanne

Videomittauksen tunnuslukuja (nopeus, varausaste ja määrä) verrataan mittauslaitteiden antamiin arvoihin mittausjaksoittain. Vertailtavat datat (noin tunnin jaksot) poimitaan mittalaitteilta ja kameroiden tallenteilta liikennetilanteiden mukaan.

Tutkan osalta myös olosuhdevaikutuksia voidaan testata videokuvauksen perusteella, jos vertailuajanjaksot valitaan liikennetilanteiden lisäksi vallinneiden sääolosuhteiden mukaan. Muussa tapauksessa sää- ja keliolosuhteiden vaikutus tutkan mittaus tuloksiin tehdään vertaamalla LAM-

mittaustuloksiin lumi-, räntä-, ja vesisadetilanteissa, jotka tunnistetaan tiedätietokannan tietojen avulla.

Videotallenteista kertyvän suuren datamäärän vuoksi datan keruu on syytä pyrkiä rajaamaan tiettyihin ennalta valittaviin tutkimusviikkoihin, jolloin on odotettavissa ruuhkia, rekkajonoja ja/tai huonoja keliolosuhteita. Kuvaa voidaan kerätä tutkimuskamerajärjestelyillä periaatteessa myös jatkuvasti, mutta tällöin datamäärä kasvaa epäkäytännöllisen suureksi.

Läsnäoloilmaisun luotettavuus arvioidaan laitteen asennuksen yhteydessä.

Nopeusmittauksen tarkkuus varmistetaan maastokokeella, jossa testattavien mittausantureiden arvoja verrataan poliisitutkan tuloksiin. Mittaukset tehdään ruuhkautuneessa ja sujuvassa liikennetilanteessa, tai mittaustilanteet järjestetään esim. erillisenä koeajojärjestelynä yöaikaan (tarkkuus normaalinopeudella ja hitaalla nopeudella).

EU:n QUANTIS-projektin tuottamaa listaa liikennetiedon laatutekijöistä voidaan mahdollisesti hyödyntää pilottien tuottaman raakadatan laadun arvioinnissa. Eri laatutekijöitä, niiden mahdollisia tulkintoja sekä kerättävään tietoon kohdistuvia tarpeita tarkastelemalla voidaan rakentaa pilottikohtaiset arviointikehikot pilottien tuottaman raakatiedon laadun arviointiin. QUANTIS-projektiin liittyvää tietoa ja projektin tuloksia julkaistaan projektin www-sivuilla (<http://www.quantis-project.eu>).

5.5 Pilottikohteiden toteutusaikataulu

Pilottikohteet ehdotetaan tehtävän maastoon viimeistään marraskuun 2009 aikana, jotta pilottitutkimusten datan keruu voidaan tehdä talven 2009–2010 aikana. Pilottitutkimukset käynnistetään laitteiden riittävän kalibroinnin jälkeen normaalitilanteiden mittauksilla, ja talvella saadaan tutkimusaineisto olosuhteiden vaikutusarvioita varten. Tutkimuksen mittauksia jatketaan kunnes kaikista olosuhteista ja liikennetilanteista on saatu riittävästi aineistoa. Pilottikohteiden laitteistot puretaan pilotin päättyessä niiltä osin kuin ne eivät palvele jatkokäyttötarkoituksia.

Pilottien toteutusaikatauluksi esitetään seuraavaa:

- Tarkentavat suunnitelmat, datan keruun sovellukset syksyllä 2009
- asennukset maastoon loka-marraskuu 2009
- datan keruu tietokantaan alkaa joulukuussa 2009
- datan keruu lopetetaan keväällä 2010
- tulokset analysoidaan viimeistään kesäkuun 2010 aikana
- pilotit puretaan (tai jätetään tuotantokäyttöön tai siirretään toiseen pilottikohteeseen).

6 TULEVAISUUDEN MITTAUSTEKNIIKOITA

6.1 Matkapuhelinverkon hyödyntäminen liikenteen seurannassa

Matkapuhelinverkon tuottamia tietoja hyödynnetään liikenteen seurannassa jo useissa Euroopan maissa. Esimerkiksi oman liikennetietopalvelunsa perustanut hollantilainen navigaattorivalmistaja TomTom on tehnyt tietojen hyödyntämistä koskevan sopimuksen matkapuhelinverkko-operaattoreiden kanssa Alankomaissa, Isossa-Britanniassa, Saksassa, Ranskassa ja Sveitsissä (TomTom 2008). Matkapuhelinverkon avulla kerättyjen liikennetietojen jalostamisessa eteenpäin TomTom hyödyntää omaa patentoitua tekniikkaansa. Patentoidun tekniikan vuoksi järjestelmän yksityiskohdista ei ole kovin paljoa tietoa julkisissa lähteissä.

Matka-aikatietojen tuottamista matkapuhelinverkosta saatujen tietojen avulla on kokeiltu Suomessa jo 2000-luvun alussa (Kummala 2002). Keväällä 2002 toteutetun kokeilun tulos oli, että matkapuhelinverkon avulla voidaan tietyillä edellytyksillä tuottaa liikenneverkolta matka-aikatietoja. Menetelmän heikkoutena nähtiin sen riippuvuus matkapuhelinverkon rakenteesta.

Jatkossa kannattaisi selvittää, voidaanko matkapuhelinverkon avulla tuottaa matka-aikatiedon lisäksi tietoja tiellä seisovasta tai hitaasti liikkuvasta liikenteestä. Käytännössä kyse olisi esimerkiksi ajoneuvojen läsnäolon ilmaisemisesta tai jonon päänsijainnin havaitsemisesta.

Lähtötiedot olisivat tällöin suurelta osin samoja kuin matka-aikatiedon tapauksessa, mutta tietojen jalostamiseen käytettäisiin eri algoritmeja. Näin kerättyjä tietoja todennäköisesti yhdistettäisiin muista järjestelmistä saatuihin tietoihin. Menetelmän hyödynnettävyys riippuu olennaisesti matkapuhelinverkon solujen koosta sekä tukiasemien sijainnista maastossa.

GSM-verkkoon perustuvien seurantajärjestelmien toteuttaminen edellyttää yhteistyötä seurattavalla alueella toimivan matkapuhelinverkon omistajan kanssa. Menetelmän käyttöä saattaa rajoittaa myös matkapuhelinverkon omistaman operaattorin tiedoista perimä hinta. Mahdollista on myös, ettei verkon omistava operaattori tarjoa palvelua lainkaan.

6.2 Kelluvan ajoneuvon menetelmä

Varsinkin kaupunkiympäristössä liikenneverkon rakenne voi olla monimutkainen, eikä kaikkia väyliä voida varustaa kiinteästi tienvarteen tai tien pintaan asennettavilla seurantalaitteilla. Kelluvan ajoneuvon menetelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jossa liikenteen sujuvuutta seurataan muun liikenteen seassa liikkuvien anturiajoneuvojen avulla. Anturiajoneuvoihin asennetut ajoneuvolaitteet tuottavat ajoneuvon liikkeistä tietoa ja lähettävät ne keskusjärjestelmään tietojen jatkojalostusta ja sujuvuustietojen tuottamista varten. Menetelmän onnistunut soveltaminen edellyttää kuitenkin riittävää määrää samalla maantieteellisellä alueella liikkuvia tietoja tuottavia ajoneuvoja.

Kelluvan ajoneuvon menetelmää on käytetty mm. kaupungeissa liikennetiedon tuottamiseen. Esimerkiksi Liikenne Tampereella -palvelu yhdistää liikennemallin avulla kelluvien ajoneuvojen (taksit) ja liikennevaloilmaisimien tietoa sujuvuusarvioiksi, joita käytetään erilaisissa yleisöpalveluissa.

Kustannustehokkaita tapoja kerätä tietoa tieverkolla liikkuvista ajoneuvoista ovat muun muassa jo olemassa olevien päätelaitteiden (GPS) ja tietojärjestelmien hyödyntäminen sekä tietojen kerääminen kuluttajille myydyistä päätelaitteista. Erilaisia kaupallisia navigaattoreihin ja paikannukseen perustuvia liikenteen sujuvuuden seurantarjestelmiä on jo olemassa ulkomailla. Päätelaitteet lähettävät tietoa keskusjärjestelmään siihen kuuluvien ajoneuvojen liikkeistä, ja keskusjärjestelmä tuottaa palveluun liittyneille autoilijoille eri reitien sujuvuustietoa.

Menetelmän soveltuvuus pitkämatkaisen raskaan liikenteen seurantaan erikseen määritellyillä väylillä riippuu osaltaan siitä, onko löydettävissä selkeää joukkoa raskaan liikenteen ajoneuvoja, joka liikkuu säännöllisesti kyseessä olevilla väylillä, ja joka voidaan saada tiedonkeruun piiriin ilman ylipääsemättömiä tiedonkeruun organisointiin liittyviä ongelmia ja kohtuuttoman korkeita kustannuksia.

Keräämällä anturiajoneuvotietoa nimenomaan raskaan liikenteen ajoneuvoista voidaan tunnistaa ne tilanteet, joissa ongelmat rajoittuvat raskaaseen liikenteeseen tai liittyvät erityisesti siihen (esimerkiksi satamaan tai tulliin johtavat rekat). Raskaan liikenteen ajoneuvojen ajantasaisia sijaintitietoja kerätään jo nyt järjestelmiin, joita kuljetusliikkeet käyttävät kuljetusten ja kaluston hallintaan. Näiden tietojen hyödynnettävyys ja saatavuus tulisi kuitenkin selvittää ennen kuin menetelmän toteutettavuudesta voidaan tehdä tarkempia johtopäätöksiä.

Tietullien suhteen nykyinen EU:n sääntely mahdollistaa tiemaksujen keräämisen kolmen ajoneuvon asennettavan teknologian avulla: vinjetti (muovinen tai paperinen tarra), DSRC (lyhyen kantaman radiokommunikointi) sekä satelliittipaikannus ja GSM-verkon kautta tapahtuva tiedonsiirto. Tulevaisuuden tietullijärjestelmät saattavat tarjota uusia mahdollisuuksia liikennetiedon keruuseen, jos tietullijärjestelmissä käytettävät tiedonkeruu- ja tunnistusmenetelmät yleistyvät ja järjestelmän piirissä liikkuvat ajoneuvot voidaan valjasta anturiajoneuvoiksi. Tällaisissa järjestelmissä ongelmana voi olla matkatie-tojen varastointiin sekä jatkojalostamiseen liittyvät yksityisyydensuojakysymykset.

RFID-tagien perusteella kerättävän anturiajoneuvotiedon suhteen tilanne muuttuu jatkuvasti: lukuetaisyydet ovat pidentyneet, mutta suurin osa tageista on kuitenkin luettavissa vain lyhyeltä etäisyydeltä. Lukemisen onnistumista rajoittaa myös lukutapahtumaan kuluva aika: ohi kulkeva ajoneuvo on vain lyhyen ajan lukulaitteen kantaman sisäpuolella. Todennäköistä on myös, ettei RFID-pohjaista tiemaksujärjestelmää ole edellä mainitun EU-sääntelyn vuoksi lähiaikoina tulossa Suomeen. Raskaan liikenteen osalta tekniikka voi tarjota uusia mahdollisuuksia liikenteen seurannassa tulevaisuudessa.

6.3 Seisovan jonon havaitseminen satelliittikuvan avulla

Ajoradalla tai pientareella seisovan jonon tunnistamista satelliittikuvista on jonkin verran käsitelty liikennetiedon tuottamista käsittelevissä julkaisuissa ja konferensseissa.

Kaukokartoitukseen käytettävät satelliitit ottavat näkyvän valon alueella tai infrapuna-alueella kuvia maan pinnasta, ja ne lentävät yleensä enintään joidenkin satojen kilometrien korkeudessa ympyrän muotoisilla radoilla maan ympärillä. Kiertoajat maan ympäri ovat yleensä joitakin tunteja, ja peräkkäisillä kierroksilla ei yleensä kuvata samaa maantieteellistä aluetta. Tämä merkitsee sitä, että samalta maantieteelliseltä alueelta saadaan parhaimmillaan kuvia vain joidenkin tuntien välein.

Näkyvän valon alueella tai infrapuna-alueella varmuutta ei myöskään ole siitä, onko kuvia ottavalla satelliitilla suoraa näköyhteyttä maan pinnalle. Kuvaaminen ei tuota toivottua tulosta tilanteissa, joissa pilvet tai sumu peittävät näkyvyyden satelliitista maan pinnalle.

Tästä syystä menetelmän soveltuvuus liikenteen seurantaan on rajallinen, eikä sen tarkempaa tutkimista ehdoteta tässä yhteydessä.

6.4 Useiden eri ilmaisinteknologioiden yhdistäminen

On todennäköistä, että kaikkea tarvittavaa tietoa erityistilanteiden liikenteestä ei voida kerätä pelkästään yhden ilmaisintyyppin avulla. Tällöin joudutaan hyödyntämään useiden eri ilmaisintyyppien tuottamia tietoja halutun lopputuloksen saavuttamiseksi.

Ongelmat joidenkin ilmaisintyyppien tuottaman raakadatan laadussa ovat myös mahdollisia. Hyödyntämällä useita eri ilmaisinteknologioita voidaan helpommin havaita tilanteet, joissa jokin järjestelmään kuuluvista ilmaisimista palauttaa virheellistä tietoa tai ei toimi lainkaan.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET

Varsinaisia täysin uusia hitaan ja pysähtelevän liikenteen mittaustekniikoita ei kartoituksessa löydetty. Ulkomaisten mittaus- ja ohjausjärjestelmien osalta kävi ilmi, että selvityksessä tarkastellut järjestelmät perustuvat käytännössä vastaaviin menetelmiin kuin Suomessa käytössä olevat järjestelmät tai muuten tiedossa olevat menetelmät, kuten induktiosilmukat, rekisterikilpitunnistus ja tutkalaitteet.

Mittaustekniikoiden kartoituksen sekä soveltuvuusarvioiden perusteella lupaavimmiksi hitaan ja jonoutuneen liikenteen mittaustekniikoiksi Suomen olosuhteissa arvioitiin modernit tutkalaitteet ja magnetometrit. Muita arvioituja tekniikoita olivat mm. infrapuna-, ultraääni- ja kuvantunnistustekniikkaan perustuvat laitteet, joiden ei arvioitu olevan teknisesti, taloudellisesti tai olosuhteiden sietokyvyltään magnetometri- tai tutkalaitteita parempia.

Toisaalta tutka- ja magnetometrilaitteisiin liittyy myös epävarmuuksia, kuten tutkalaitteiden toiminta pysähtelevän liikenteen havaitsemisessa ja erilaisissa sääolosuhteissa, ja magnetometrilaitteiden paremmuus suhteessa induktiosilmukoihin perustuvissa kehittyneissä laskentalaitteissa. Magnetometrien ja modernien tutkanilmaisimien hyödyntämisestä tieliikenteen mittaussovelluksissa ei ole juuri kokemuksia Suomessa, joten näiden etuja on perusteltua testata maastossa.

Magnetometri- ja tutkatekniikan testaamiseen hitaan liikenteen mittauksessa valittiin pilottikohteet VT 7:ltä läheltä Vaalimaan rajanylityspaikkaa (erityisesti rekkajonojen tunnistus) sekä Kehä III:lta herkästi jonoutuvalta Petikko–VT 3 -väliltä (ruuhkautuneen liikenteen havaitseminen, laitteiden käyttökelpoisuus osana laajempaa liikenteen ohjausjärjestelmää).

Kohteista laadittiin yleissuunnitelmat, joiden **jatkotoimenpiteeksi esitetään rakennussuunnitelmien laatimista**. Rakennussuunnitelmissa lyödään lukoon yleissuunnitelmassa esitetyt laitetoimittajavalinnat (mikäli uutta tietoa ei saada) ja laaditaan tarkemmat laitesijoitus-, kaapelointi- ja tiedonsiirto-suunnitelmat. **Pilottikohteet ehdotetaan toteutettavaksi alkusyksystä 2009**, jotta pilottitutkimusten datan keruu ja käsittely voidaan tehdä syksyn 2009 ja alkuvuoden 2010 aikana.

Mikäli pilottitutkimuksista saadaan lupaavia tuloksia, voidaan mittaustekniikoiden käyttöä laajentaa alustavasti arvioiden ainakin seuraaviin käyttökohteisiin.

- VT 7 ja muut rajalle johtavat, rekkajonojen kannalta ongelmalliset tieosuudet: jonotunnistus päälystämättömällä pientareella (erillisen testauksen jälkeen) ja mittauspisteiden mahdollinen laajempi käyttöönotto jonojen seurantaa varten.
- Nykyisten telematiikkajärjestelmien täydentäminen päivittäin ruuhkautuvilla tai muuten ongelmallisilla osuuksilla: mahdolliset lisämittauspisteet, mikäli nykyiset laitteet eivät tuota toivottuja tuloksia.
- Ajoittain ruuhkautuvien tieosuuksien mittauspisteet: jonotunnistus ja nopeusmittaus liikenteen seurantaa ja tiedotusta varten.
- Suuret yleisötahtumat, merkittävät tietyömaat.

Magnetometri- ja tutkalaitteiden integrointia Tiehallinnon tilastointijärjestelmään on myös syytä selvittää, mikäli pilottitutkimusten tulokset osoittavat riittävää luotettavuutta.

Työn aikana nousi esiin myös **seuraavia jatkotutkimustarpeita ja -ideoita.**

- Nykyisen LAM-laitteiston kehittäminen siten, että se huomioi ja käsittelee myös hitaan liikenteen ilmaisut ainakin varausastelaskennan osalta (ohjelmistokehitys, mahdollisesti varausasteen laskenta aikavälihavaintojen kautta).
- Nykyisen LAM-laitteen tiedonkäsittelyn, -siirron ja -formaatin kehittämisen siten, että hitaan liikenteen aikaiset havainnot käsitellään seuranta- ja ohjausjärjestelmien käyttöön, mutta karsitaan virallisista tilastohavainnoista.
- Uuden LAM-laskentakojetyypin testaus hitaan ja pysähtelevän liikenteen tilanteessa ja integrointi nykyisiin ohjaus- ja tilastointijärjestelmiin.
- Kuvantunnistustekniikan parhaiden mittausominaisuuksien testaaminen avoimessa tieympäristössä sää- ja keliherkkyydestä huolimatta esim. tunnelijärjestelmien ulkokameroita hyödyntämällä. Kuvantunnistuksella olisi joitakin selkeitä etuja muihin mittaustekniikoihin nähden, kuten kuvanvälitys liikenteen seurantaan varten, laaja tekninen valmius erilaisten tunnuslukujen laskentaan ja mahdollinen pidemmän tieosuuden peitto.
- Lämpökameroihin perustuvien kuvantunnistusjärjestelmien olemassaolon ja ominaisuuksien selvittäminen.
- Matka-ajanmittausjärjestelmien kehittäminen paremmin reaaliaikaiseen liikenteen seurantaan soveltuvaksi: matka-ajan mittausjärjestelmien, yksittäisten liikenteen mittauspisteiden ja muiden toimijoiden (esim. tulli, satamat, kuljetusyritykset) järjestelmien ja tilastoinnin hyödyntäminen yhdessä liikenteen lyhyen ja pitkän aikavälin ennustamisessa (liikenne- ja ennustemallien kehitystyön jatkaminen).
- Radiotunnisteisiin (RFID) ja GPS-paikannukseen sekä tietulleihin ja tulaukseen liittyvien tunnistejärjestelmien käyttömahdollisuuksien tarkempi selvittäminen ja kehittäminen liikenteen seurannan välineinä.

Tulevaisuudessa erityisesti matkapuhelinverkkoon ja edellä mainittuihin radiotunnisteisiin ja laajempaan GPS-paikannukseen perustuvat järjestelmät saattavat tuoda lisävaihtoehtoja hitaan liikenteen jatkuviin seurantamenetelmiin. Myös kaupunkiliikenteen puolella käytetyt, anturijoneuvojen ja muiden ilmaisinjärjestelmien tuottamia tietoja yhdistävät liikennemallit saattavat tuottaa lisäpotentiaalia liikenteen seurantaan tieverkolla.

8 LÄHDELUETTELO

Audicana I. 2009. Laitetoimittajan sähköpostihaastattelut huhti-toukokuu 2009: RTMS Radar Sales Manager Ibon González de Audicana, - Western Europe, Image Sensing Systems Europe, Ltd.

FHWA 2006. Traffic Detector Handbook: Third Edition—Volume 1. Federal Highway Administration, Turner-Fairbank Highway Research Center, Report No.FHWA-HRT-06-108, Gortonsville, USA. 288 s.

Ferre J. 2007a. Improving Road Safety through Rapid Incident Detection and Response, Luonnos. Proceedings of the I2TERN Conference 2007, Aalborg, Denmark.

Ferre J. 2007a. Improving Road Safety through Rapid Incident Detection and Response, Esittelykalvot. Proceedings of the I2TERN Conference 2007, Aalborg, Denmark.

Forsblom M, Horppila H. 2008. Liikenteen hallinnan T&K 2005-2007: hankkeet ja tulokset. Tiehallinnon selvityksiä 4/2008, Tiehallinto, Keskushallinto, Helsinki. 31 s.

Innamaa S., Pursula M. 2002. Automaattiset liikenteen ohjaus- ja tiedotusjärjestelmät, järjestelmien rakenne ja toiminta. Tiehallinnon selvityksiä 23/2002. Tiehallinto, liikenteen palvelut, Helsinki. 69 s

Kummala J. 2002. Matkapuhelimia hyödyntävä matka-aikapalvelu. Tiehallinnon selvityksiä 55/2002. ISBN 951-726-960-9, ISSN 1459-1553.
http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200787-v_m-aikapalvelu_tulokset.pdf [viitattu 3.4.2009]

Lauritzen S. 2001. Travel time and delay estimation in a motorway network. Proceedings of the European Workshop on Travel Time Estimation. 8-9 November 2001. Avignon, France.

Middleton D., Golapakrishna D., Raman M. 2002. Advances in traffic data collection and management, White Paper, Traffic Data Quality Workshop, Federal Highway Administration, USA.

Mäenpää M. 2009. Helsingin kaupungin liikennevaloasiantuntija Marko Mäenpään sähköpostihaastattelut huhtikuu 2009.

Ristikartano J., Seppänen L-M., Toiskallio K. 2008. Telematiikan vaikutustutkimus valtatie 1 välillä Lohja-Kehä III. Tiehallinnon selvityksiä 17/2008, Tiehallinto, Keskushallinto, Helsinki. 66 s.

Rose M. 2009. Wavetronix -yhtiön edustajan haastattelu, laitetoimittajatapaaminen. Trafix Oy, Espoo 18.6.2009.

Saastamoinen K. 2003. LAM-oikeellisuustarkastelu. Tiehallinto. Julkaisematon muistio. 31 s.

Tielaitos 1995. Infrapuna- ja tutkailmaisimet, Tielaitoksen selvityksiä 9/1995. Tielaitos, Kehittämiskeskus, Helsinki. 22 s.

Tirroniemi O. 2009. Turun kaupungin liikennevaloasiantuntija Olli Tirroniemen sähköpostihaastattelut, toukokuu 2009.

TomTom. 2008. TomTom and Swisscom sign agreement to bring High Definition Traffic (HDT) to Switzerland, Press release. <http://www.tomtom.com/news/category.php?ID=4&NID=497&Year=2008&Language=1> [viitattu 3.4.2009]

Työpaja (2009). Työryhmätapaaminen: Jaakko Myllylä (Kaakkois-Suomen tiepiiri), Kimmo Toivonen (Kaakkois-Suomen tiepiiri), Timo Karhumäki (Uudenmaan tiepiiri), Laura Hiltunen (Uudenmaan tiepiiri), Juha Ylikorpi (Turun tiepiiri), Riku Nevala (Trafix Oy), Ari Tuomainen (Trafix Oy), Jussi Borgenström (Trafix Oy), Sakari Lindholm (Trafix Oy), Markus Väyrynen (Sito Oy), Risto Öörni (VTT). 17.4.2009 Espoo.

Wavetronix 2008. SmartSensor HD, User Guide. Wavetronix LLC, Utah, USA, 91 s.

Vejdirektoratet. 2004. Evaluering af TRIM Rejsetid. Evalueringsnotat. <http://www.vejdirektoratet.dk/publikationer/VDnot105/index.htm> [viitattu 3.4.2009]

Vejdirektoratet. 2009a. Vejdirektoratet, [www-sivut](http://www.vejdirektoratet.dk/). <http://www.vejdirektoratet.dk/> [viitattu 3.4.2009]

Vejdirektoratet. 2009b. Trafikken.dk, [www-sivusto](http://www.trafikken.dk). <http://www.trafikken.dk> [viitattu 3.4.2009]

LIITTEET

Liite 1:

TOIMENPIDEKORTTI 1: MITTAUSTEKNIIKAT RAJALIIKENTEESSÄ (LAM, matka-ajan mittaus)

Liite 2:

TOIMENPIDEKORTTI 2: JONOILMAISIN

Liite 3:

TOIMENPIDEKORTTI 3: KUVANTULKINTA

Liite 4:

TOIMENPIDEKORTTI 4: TUTKAILMAISIMET

Liite 5:

TOIMENPIDEKORTTI 5: INFRAPUNAILMAISIMET

Liite 6:

TOIMENPIDEKORTTI 6: MUUT ILMAISUTEKNIIKAT

Liite 7:

PILOTTIKOHDE 1, VT 7: YLEISSUUNNITELMAKARTTA

Liite 7.1:

PILOTTIKOHDE 1, VT 7: TIETOLIIKENTEEN PERIAATERATKAISU

Liite 8:

PILOTTIKOHDE 2, KEHÄ III: YLEISSUUNNITELMAKARTTA

Liite 8.1:

PILOTTIKOHDE 2, KEHÄ III: TIETOLIIKENTEEN PERIAATERATKAISU

LIITE 1, Erikoistilanteiden liikenteen seurannan mahdollisuuksien arviointi

Toimenpidekortti 1

NYKYISET MITTAUSTEKNIIKAT RAJALIIKENTEESSÄ

NYKYISET MITTAUSTEKNIIKAT RAJALIIKENTEESSÄ *LAM-pisteet, matka-ajan mittaus*

LAM-pisteiden ja matka-aikamittauksen käyttö rajaliikenteen mittauksessa

Itärajalle johtavien pääteiden linkkivälien matka-aikoja mitataan matka-ajanmittausjärjestelmällä. Rajanylityspaikoille on asennettu LAM-pisteet rajaliikenteen laskentaa ja seurantaa varten. LAM-pisteitä on myös useilla linkkiväleillä rajoille johtavilla pääteillä.

LAM-pisteet rajaliikenteessä

LAM-piste tunnistaa ajoneuvon kahden peräkkäisen ilmaisinsilmukan avulla. Tunnistus perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Ilmaisutiedot tallentuvat väliaikaisesti mittauslaitteeseen. Ns. reaali-LAM-pisteiltä (DSL 4) mittausdata siirretään 0-15 minuutin välein keskuspalvelimelle kiinteän tai matkapuhelinverkkoyhteyden avulla liikennetiedotuksen ja ohjauksen tarpeisiin. Normaalisti mittauspisteiltä tiedot kerätään kerran vuorokaudessa tilastointitarpeisiin. Tilastointi- ja seurantajärjestelmä laskee mittausdatasta automaattisesti useita tunnuslukuja: liikennemäärät ja suuntajakaumat, ajoneuvotyytit, nopeudet, aikavälit ja jonoutumistunnusluvut.

LAM-pisteitä ei tällä hetkellä hyödynnetä rajalle johtavilla teillä jonojen tunnistamiseen ja vaihtuvien opasteiden ohjaukseen jonotilanteen mukaan. Vaihtuvia opasteita valtateillä 7 ja 13 ohjataan tällä hetkellä kamerakuvista manuaalisesti havainnoitavan jonon sijaintitiedon tai viranomaisten antamien ilmoitusten mukaan liikennekeskuksesta. Mittauspisteitä hyödynnetään joissain kohteissa vaihtuvien opasteiden normaalissa liikennetilanneohjauksessa (nopeusparametri). Tavoitteena on, että järjestelmiä voitaisiin ohjata automaattisesti tiejaksoilla sijaitsevilta mittauspisteiltä saatavien tietojen mukaan.

VT 7:lle välille Hamina–Virojoki on toteutettu vaihtuvat nopeusrajoitukset, joita on ollut tarkoitus ohjata automaattisesti kuudella LAM-pisteellä. Tällä hetkellä vaihtuvia rajoituksia ohjataan kuitenkin automaattisesti vain kelin mukaan sekä manuaalisesti liikennekameroiden avulla jonoutumistilanteen mukaan. Järjestelmään kuuluu myös 2 tiedotusopastetta. Virojoki–Vaalimaa -välillä on rajaliikenteen ohjausjärjestelmä, johon kuuluvat vaihtuvat opasteet, nopeusrajoitukset ja pysäköinnin ohjaus sekä neljä (4) LAM-pistettä. Lisäksi liikennettä välillä Hamina – Vaalimaa seurataan 12 kameran avulla.

VT 13:sta välillä Metsäkansolan paikallistie–Nuijamaa on käytössä rajaliikenteen ohjausjärjestelmä, jolla ohjataan rekkakaistan liikennettä sekä rajanylityspaikan P-alueen liikennettä. Välillä Lappeenranta - Nuijamaa liikenteen seurannassa ja ohjauksessa on käytössä 10 LAM-pistettä sekä yhdeksän (9) kameraa. Lisäksi järjestelmään kuuluvat ruuhkatiedotusopasteet ja vaihtuvat nopeusrajoitusmerkit.

Induktiosilmukkapareihin perustuvia mittalaitteita ja niiden tiedonkäsittely-yksiköitä toimittaa moni laitetoimittaja. Tiehallinnon nykyisin yleisimmin käyttämä malli on insinööritoimisto Ylisen ja Jokelan kehittämä DSL4. Laitteisto ja tiedonkäsittely on integroitu Tiehallinnon seuranta-, tilastointi- ja tiedonsiirtojärjestelmiin.

Eräitä muita laitetoimittajia

Applied Traffic, HI-TRACK 100 AVC (piezotekniikan avulla laitetoimittajan mukaan nopeusvälille 1–200 km/h)

CA Traffic, Traffic Monitor (laitetoimittajan mukaan nopeusvälille 2–250 km/h, piezotekniikka optiona)

TDC, HI-TRACK (piezotekniikka, laitetoimittajan mukaan nopeusvälille 5–180 km/h)

AADI Datarec 7 (nopeusmittaus, ajoneuvoluokittelu induktiokuvion perusteella, sisäänrakennetut tietoliikenneajapinnat)

Matka-ajan mittausjärjestelmä rajaliikenteessä

Matka-ajanmittausjärjestelmä perustuu rekisterikilven automaattiseen tunnistukseen. Mittauspisteissä infrapunakamerat kuvaavat pisteen ohittavat ajoneuvot. Kuva välittyy kuvantulkintayksikköön, joka tunnistaa rekisteritunnuksen. Keskusjärjestelmä yhdistää automaattisesti tunnistetut ajoneuvot eri matka-ajan mittauspisteissä ja laskee matka-ajan mittauspisteiden välillä.

Virojoki–Vaalimaa -välillä on matka-ajan mittauspisteet, jotka on toteutettu yhdessä Tullilaitoksen kanssa. Matka-ajan mittauspisteitä ei tällä hetkellä hyödynnetä rajalle johtavilla teillä jonojen tunnistamiseen tai vaihtuvien opasteiden ohjaukseen jonotilanteen mukaan. Tiehallinnon matka-aikapalveluun (palveluntuottaja Nevla Oy) sisältyvät myös rajaliikenteen muut merkittävät tieyhteydet (VT 7, VT 6, VT 26, VT 13 ja Kt 62), mutta matka-aikatietopalvelusta saatavaa tietoa ei hyödynnetä rajaliikenteen ohjauksessa.

Eräitä laitetoimittajia: **ARS T&TT, Visy, Vision light tech, HTS, PIPS, ...**

Muut käyttökohteet

LAM-järjestelmä on koko tieverkon liikenteen pääseuranta- ja tilastointimenetelmä.

Erillisiä LAM-pisteitä käytetään ruuhka-ohjauksen parametrien (nopeussuureet) mittalaitteina useissa kohteissa.

Matka-ajanmittausjärjestelmä on käytössä pääkaupunkiseudun pääväylillä, suurimpien maakuntakeskusten ympäristössä sekä muutamilla muilla runkoverkon yhteysväleillä. Järjestelmää käytetään tiedotukseen, ohjaukseen ja liikenteen seurantaan.

Käyttökokemukset, hyödyt

Uusien LAM-pisteiden (DSL4) mittausluotettavuus liikennemäärälaskennan ja ajoneuvotunnistuksen osalta on todettu hyväksi (lähes 100 %, Saastamoinen 2003).

LAM-pisteiden (laskentalaitteen) ongelmana hitaan ja pysähtelevän liikenteen osalta on mitaustarkkuuden heikkeneminen 10–20 km/h nopeustasojen alapuolella. LAM-pisteitä ei siten ole käytetty jonojen tai erityisen ruuhkaisen liikenteen mittauksessa.

LAM –pisteiden hyödyntämistä raskaan liikenteen jonojen tunnistamisessa ja vaihtuvien opasteiden ohjauksessa on kokeiltu rajanylityspaikoille johtavilla teillä 7 välillä Hamina – Vaalimaa ja 13 välillä Lappeenranta – Nuijamaa. Kokemukset hitaiden tai pysähtyneiden ajoneuvojen tunnistamisesta ovat huonoja. Pisteiltä saatavien tietojen avulla ei ole onnistuttu ohjaamaan vaihtuvia opasteita jonotilanteen mukaan. Raskaan liikenteen jonot ovat usein paikoillaan tai liikkuvat erityisen hitaasti raskaan liikenteen kaistalla tai pientareella. Tästä johtuen LAM –pisteiltä ei saada luotettavaa tietoa jonojen sijainnista tai liikkumisesta. Tunnistamista on kokeiltu mm. varausasteeseen, nopeuteen sekä tiejakson sisään - ulos -laskentaan perustuen.

Matka-aikamittauksissa (rekisterikilpitunnistus) ohiajaviin ajoneuvojen tunnistamisasteeksi on arvioitu noin 20–40 % (Ristikartano et al. 2008). Valaistus- ja sääolosuhteet vaikuttavat selvästi mittauksiloksiin: havaintojen määrä vähenee, kun kuvantunnistus ei toimi tehokkaasti. Tarkkuustaso tuottaa tarkoitukseensa (matka-aikatiedotus tiedotusopasteissa) riittävästi matka-aikahavaintoja vilkkailla tieosuuksilla. Vähäliikenteisillä teillä havaintomäärä voi jäädä liian vähäiseksi varsinkin tarkempia sujuvuusjohtopäätöksiä ajatellen (nopeus, jonojen välinen tunnistaminen, matka-ajan muutokset lyhyellä aikavälillä).

Matka-ajan mittauksia ei ole kokeiltu rajaliikenteen jonojen tunnistamisessa eikä vaihtuvien opasteiden ohjauksessa.

Kustannukset

Investointi:

LAM-piste asennettuna 15 000 €
Tiedonsiirto 0-2000 €

Matka-aikamittauksen kameramittauspiste luotettavuudesta riippuen 10 000-100 000 €
Tiedonsiirtojärjestelyt 0-2000 €

Käyttökustannukset

LAM-laskentakojen käyttöikä on pitkä. Ilmaisinsilmukoiden uusiminen on paikkakohtaista: laadukas asennus ja päällysteen hyvä kunto pidentävät huoltoväliä.

Matka-aikajärjestelmän kamerat ovat kestäneet hyvin, keskimäärin 5 v /kamera ja infra-punalähteen kestävyys on ollut odotettua parempi. Kameroihin asennettu linssiä suojaavat kartiot, jotka ovat vähentäneet tarvetta huoltotoihin.

Tekniikan arviointi

Matka-aikamittaus (rekisterikilpitunnistus):

Matka-ajan mittaustekniikka (rekisterikilpitunnistus) soveltuu omaan käyttötarkoitukseensa: vilkkaiden väylien matka-aikojen havaitsemiseen ja niiden perusteella tehtäviin tiedotus-, ohjaus- ja tilastointitoimenpiteisiin.

Vähäliikenteisillä teillä matka-aikamittauksen soveltaminen reaaliaikaisessa mittauksessa ja tiedottamisessa voi olla epävarmaa. Havaintoja kertyy vähän eikä tunnistustarkkuus edullisimmilla laitteistoilla ole kovin hyvä.

Hitaan ja seisovan liikenteen mittauksessa kahden pisteen matka-aikamittaus vaatii kehittämistä (esim. lyhyen aikavälin ennusteet). Järjestelmä ei havaitse matkalle jonoon pysähtyvää ajoneuvoa eikä osaa ilmoittaa nopeasti syntyvästä ruuhkasta (esim. häiriöt, toisen kaistan tukkeutuminen rekkajonon tai onnettomuuden takia). Hitaammin syntyvässä ruuhkassa ruuhkautumistieto saadaan viiveellä (ei sovi suoraan hälytystyyppiseksi ilmaisimeksi).

LAM-tekniikka:

Päivittäin ruuhkautuvat kaupunkiseutujen sisään-tulo- ja kehätiet	Hyvä tekninen soveltuvuus ja luotettavuus, erityisesti osana muuta ohjausjärjestelmää Seisovan liikenteen havaitseminen ongelma Hyvä soveltuvuus ja vakiintunut käyttö tilastoinnissa
Ajoittain ruuhkautuvat muut tieosuudet	Hyvä tekninen soveltuvuus ja luotettavuus Seisovan liikenteen havaitseminen ongelma Hyvä soveltuvuus ja vakiintunut käyttö tilastoinnissa
Rajaliikenne	Pysähtelevän ja hitaasti liikkuvan liikenteen havaitseminen vaikeuttaa soveltamista Asennettava myös pientareille (mikäli pysäköintiä tai tien sivussa matelevia jonoja) Kohtuullinen soveltuvuus mittauksessa ja tilastoinnissa, ei kuitenkaan sovi hyvin rajan välisen alueen liikenteen tilastointiin (alhaiset ajonopeudet) Mahdollisia ongelmia piennarpysäköinnissä, ellei päällystettä
Muut liikenteen erikoistilanteet	Vain, jos kohteessa on muita liikenteen seurannan tai tilastoinnin tarpeita

Soveltuvuus suomalaisiin olosuhteisiin

Induktioon perustuva ilmaisintekniikka ei ole herkkä sään tai kelin vaihteluille, ja soveltuvuus on hyvä. Muuten talviolosuhteet (tien pinnan kuluminen, auras, kelirikko, päällystevauriot) aiheuttavat ilmaisinvikoja ja ylläpito-ongelmia. Ei sovellu siltakansille eikä teräsverkkovahvisteisille tieosille.

Matka-aikamittauspisteiden rekisterikilpitunnistuksen luotettavuus kärsii huonoissa sääolosuhteissa.

Soveltuvuus Tiehallinnon nykyisiin telematiikkajärjestelmiin

LAM-laitteet soveltuvat hyvin nykyiseen liikennetiedon tilastoinnin ja ei-ruuhkautuvan tieverkon ohjausjärjestelmien käyttötarkoitukseen. Matka-aikamittausjärjestelmä soveltuu hyvin vilkasliikenteisen tieverkon matka-aikojen mittaamiseen ja sujuvuuden arviointiin verkollisella tasolla sekä historiatiedoksi.

Molemmat mittausmenetelmät ovat paljon käytettyjä nykyisissä telematiikkajärjestelmissä.

LAM-laitteiston kehittämis- ja soveltamismahdollisuuksia

Kehitystarpeena on hitaan ja pysähtelevän liikenteen mittauksen kehittäminen. Laskentalaitteen huomioitava ja pyrittävä käsittelemään myös hitaan liikenteen aikana ilmaisut, ainakin seuraavat tiedot:

- Varausastelaskenta hitaan liikenteen jonohavaintoja varten (laitteen ohjelmistokehitys, laskenta nykytiedosta aikavälihavaintojen kautta)
- Nopeus liikenteen ohjausta varten (uusi kojetyyppi)
- Ajoneuvotyyppi tilastointia varten (jos järkevällä luotettavuustasolla)

Mahdollisuutena on kehittää nykyistä laitetta, tiedonsiirtoa ja -formaattia siten, että em. hitaan liikenteen aikaiset havainnot mitataan normaalihavaintojen rinnalle ja seuranta- ja ohjausjärjestelmien käyttöön, mutta karsitaan "virallisista" tilastoarvioista. Tilastoon menevään dataan esim. merkitään nopeudeksi <15 km/h eikä tilastoida ajoneuvotyyppiä tai aikaväliä, jos ilmaisimen luotettavuus liian heikko.

Toisena mahdollisuutena on testata uusia laskentalaitteita, kehittää konversiot tulosteiden yhteensovittamiseksi nykyiseen tilastointiin ja keskusjärjestelmään.

Matka-aikajärjestelmän kehittämis- ja soveltamismahdollisuuksia

Matka-aikamittausjärjestelmän käyttö ruuhkan tunnistukseen edellyttää aina liikennemallin kehittämistä, validointia ja kalibrointia.

Eräs arvioitava mahdollisuus on käyttää esimerkiksi yhdistettyä aikaikkuna- ja ajoneuvojoukkomallia mittausjaksojen välillä ruuhkautumisen indikaattorina vilkkaan liikenteen tieverkolla.

Periaate:

- luodaan malli normaali matka-ajasta mittauspisteiden välille
- mitataan pisteessä joukko ajoneuvoja (10...20 kpl) ja/tai kaikki ajoneuvot määritellyssä aikaikkunassa (esim. 30 sec)
- etsitään ajoneuvojoukkoa seuraavassa mittauspisteessä normaalin matka-ajan ja sen vaihtelun puitteissa
- jos ajoneuvot havaitaan normaalivaihtelun puitteissa, katsotaan liikennetilanne normaaliaksi (esim. 30 % joukosta havaittu)
- havaintojen puuttuessa normaalin matka-ajan kuluttua käytetään matka-ajan kasvumallia (yksinkertaisimmillaan lisätään x minuuttia edellisen saatuun havaintoon y minuutin välein).
- Jono-/häiriöhälytys annetaan tietyn ajanjakson jälkeen, mahdollisesti yhdessä mittausvälin LAM-mittaustietojen perusteella

Käytössä on myös historiatietoa reaaliaik tiedolla korjaavia liikennemalleja, joilla voidaan tehdä ainakin suuntaa antavia ennusteita.

LIITE 2, Erikoistilanteiden liikenteen seurannan mahdollisuuksien arviointi

Toimenpidekortti 2

JONOILMAISIN

Jonoilmaisin Kehä III:n liikenteenhallintajärjestelmä

Mittaustekniikka ja toimintaperiaatteet:

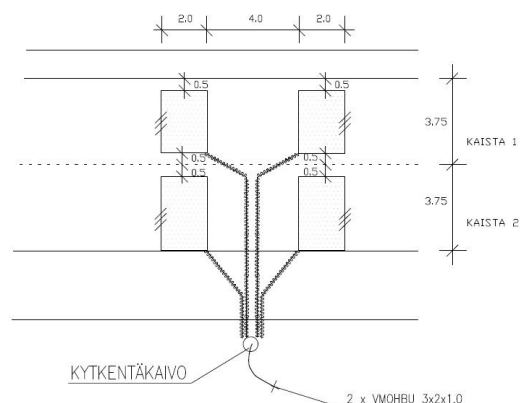
Jonoilmaisimet perustuvat samaan tekniikkaan kuin LAM-pisteet. Ilmaisua saadaan kaistakohtaisilta, peräkkäin asennetuilta induktiosilmukoilta. Ilmaisua perustuu sähkömagneettiseen ilmaisuun ajoneuvon ylittäessä ilmaisimen. Silmukkapareilla saadaan mitattua liikennemäärän, aikavälien ja varausasteen lisäksi nopeus ja pituus sekä ajoneuvotyyppi, jos järjestelmään kytketään oikeantyyppinen laskentalaitte.

Tällä hetkellä jonoilmaisimia käytetään jonojen ja varausasteen mittaukseen. Kehä III:n ruuhkaohjauksen käyttöönoton yhteydessä on havaittu, että selvästi jonoutuvaa ja lähes pysähtelevää tilannetta vastaava silmukan varausaste on suuruusluokaltaan noin 0,35–0,4. Varausaste lasketaan liukuvana keskiarvona valitulla päivitystiheydellä (esim. kuluneen 60 sekunnin keskiarvo, joka päivitys 10 sekunnin välein). Varausasteen määrittely ja laskentaperiaate on tehtävä paikalliset liikenneolosuhteet huomioiden. Kehä III:n käyttöliittymä mahdollistaa hälyttävän varausasteen säätämisen, mutta ei laskentaperiodin määrittelyä (määriteltävä automaatio-ohjelmoinnin yhteydessä).

Useimmat ilmaisinalaiteistoista voidaan kytkeä suoraan tietoverkkoon ja laitteista saada ajoneuvokohtaisia tai mittausperiodikohtaisia liikennetietoja. Vaihtoehtoisesti ilmaisinkohtaiset ilmaisinvahvistimet voidaan kytkeä esimerkiksi logiikan I/O-liitäntään ja tehdä laskenta logiikassa pulssien nousevien ja laskevien reunojen avulla, jolloin saadaan vastaavat tiedot kuin LAM-laiteistolla pois lukien ajoneuvoluokittelu, koska tässä mittauksessa ei analysoida ilmaisupulssin muotoa.

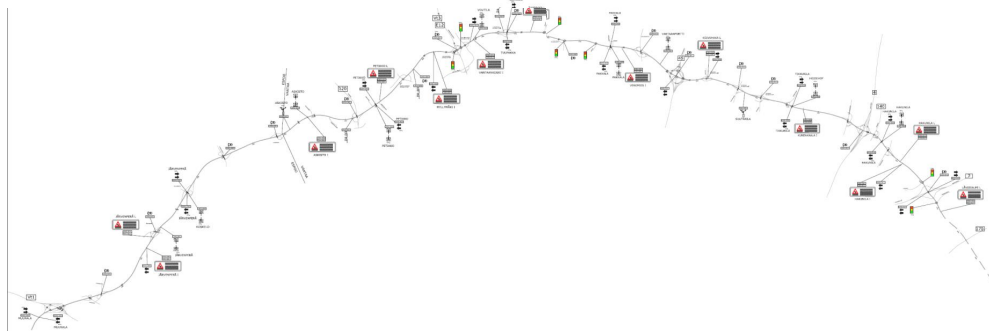
Jonoilmaisinalaiteistot on kytkettävissä LAM-järjestelmää vastaavasti tiedonsiirto-, tallennus- ja raportointijärjestelmiin. Tietoa voidaan tallentaa mittauslaitteelle tilastointia varten, jolloin tieto siirretään esim. kerran vuorokaudessa keskusjärjestelmään. Logiikkapohjaiset järjestelmät vaativat erilliset sovellukset ja tallennusominaisuudet. Liikenteen seuranta ja ohjausta varten tietoa voidaan välittää myös reaaliaikaisesti joko kiintein verkkoyhteyksin tai langattomilla modeemeilla.

Silmukoiden asennus vastaa LAM-pisteitä. Ilmaisinsilmukka on kooltaan pääsääntöisesti 2x2,5...4 m kaistaleveydestä riippuen ja silmukoiden väliin jätetään noin 4 m tilaa. Silmukan kokoa ja silmukaväliä voidaan jonkin verran muunnella tarpeen vaatiessa (esim. ilmaisualueen pidentäminen noin 10 metriin: vältetään tilanteita, joissa pysähtyneen jonon ajoneuvoväli osuu silmukkaparin kohdalle).



Erona LAM-pistemittauksiin on tiedonkäsittely, jota ei rajoita LAM-järjestelmän vakiintunut tiedon prosessointi. Näin jonoilmaisimilta voidaan kerätä varausastetietoa myös hitaasta liikenteestä, joka aiheuttaa puutteita LAM-pisteiltä kerättävään muuhun tietoon (nopeus, ajoneuvotyypit).

Laitetoimittajia: **Weiss (Sabik), Swarco, CA Traffic, Applied Traffic**

Toteutus ja käyttö Kehä III:n liikenteenhallintajärjestelmässä

Kehä III:n liikenteenhallintajärjestelmä kattaa 35 km väliä Turunväylä – Vuosaari. Järjestelmään kuuluu 13 kpl ajoradan yläpuolisia tiedotusopasteita, 15 kameraa, 9 LAM-pistettä, 3 jonoilmaisinta, 3 tiesääasemaa ja 7 matka-ajanseurantapistettä. Ilmaisilogiikka ja ohjauslaitteet on kytketty kuitukaapelein kamerakeskusten kautta VT1 Lohja – Kehä III:n ja Vuosaaren tunnelin tietoliikenneverkkoon, josta on yhteys Pasilan liikennekeskukseen. Kaikkien laitteiden tiedonsiirto verkossa tapahtuu TCP/IP -protokollan avulla Ethernet-verkossa. Liikennekeskuksen käyttöliittymästä voidaan säätää jonoilmaisimien varausasteen hälytysrajaa yhteisesti kaikilla ohjausjaksoilla käytettäväksi. Tällä raja-arvolla ohjataan opasteiden ruuhkavies-
tejä ohjausjaksokohtaisesti.

Jonoilmaisimia käytetään päivittäin pahiten jonoutuvalla osuudella VT 3:n molemmin puolin. Jonoilmaisimilla mitataan jonoutumista (varausastetta) ja ohjataan ruuhkavaroitukset tiedotusopasteisiin, kun Kehä III:n liittymien valo-ohjauksen jonot kasvavat ilmaisimille asti. Varausaste mitataan 60 sekunnin liukuvana keskiarvona 10 sekunnin välein keskimäärin ajoradottain. Tällä hetkellä ruuhkavaroitus aktivoituu varausasteen ylittäessä arvon 0,35 ja kytkeytyy pois varausasteen alittaessa arvon 0,30. Jonoilmaisimia ei käytetä liikenteen mittaukseen tai tilastointiin, mutta ilmaisintekniikka (pari-ilmaisimien) mahdollistaa nämä käyttötavat (vaatii ohjauslogiikan ja logiikkalaitteiden päivittämistä).

Kehä III:n telematiikkajärjestelmän rakentamisen kokonaiskustannukset olivat noin 3 M€

Muut tiedossa olevat ilmaisintyyppien käyttökohteet

Vuosaaren sataman tietunneli: jonontunnistus tunnelista poistuvalla suunnalla
Mestarin tunneli, Kehä I: jonontunnistus ja siihen perustuva tunneliin pääsevän liikenteen säätely (suunnitteilla)
E18 Muurla – Lohja: väärään suuntaan ajon tunnistaminen rampeilla tunnelijaksojen päissä

Käyttökokemukset, hyödyt

Yleisesti induktiosilmukoihin perustuvia mittaustekniikoita pidetään luotettavina ja referenssi-kohteina muille mittaustekniikoille. LAM-pisteiden mittaustarkkuus liikennemäärän osalta on todettu lähes 100 %:ksi. Myös varausasteen mittaustarkkuus voidaan olettaa lähes yhtä hyväksi (perustuu vain varattu/ei varattu suhteeseen eli yksittäisiin havaintoihin). Sen sijaan nopeus- ja muissa mittauksissa on todettu ongelmia LAM-pisteissä matalilla nopeuksilla.

Kehä III:n liikenteenhallinnan jonoilmaisimilaitteissa ei ole havaittu sähkö- tai mittausteknisiä ongelmia (Työpaja 2009). Myös mitatut varausasteet vaikuttavat loogisilta ja varausaste luotettavalta indikaattorilta jonoutuvan liikenteen tunnistukseen. Tarkempaa tutkimusta asiasta ei kuitenkaan ole tehty.

Joidenkin ilmaisinvahvistimien ongelmana on havaittu olevan automaattinen resetoituminen, jolloin vahvistimen itsekalibroituuminen saattaa johtaa havaintojen menettämiseen.

Kustannukset

Investointi:

Ilmaisin asennettuna: yhteydet logiikkalaitteelle ja laitteen ohjelmointi 8 000–10 000 €/kpl
Yhteydet keskusjärjestelmään laitteen ominaisuuksista ja tietoliikennetarkistuksista riippuen 0 - 2000 €/kpl
Mittauspiste yhteensä 8-12 000 €/kpl

Käyttökustannukset:

Ilmaisimen käyttöikä on pitkä. Ilmaisinsilmukoiden uusiminen on paikkakohtaista: laadukas asennus ja päällysteen hyvä kunto pidentävät huoltoväliä.

Tekniikan arviointi

Soveltuvuus eri liikenteen mittaustilanteisiin ja käyttötarkoituksiin

Päivittäin ruuhkautuvat kaupunkiseutujen si- sääntulo- ja kehätiet	Hyvä tekninen soveltuvuus ja luotettavuus Erityisesti osana muuta ohjausjärjestelmää, samalla myös seuranta, mittaus ja tilastointi, jos kytketään laskentalaitteeseen Mahdollisia ongelmia: itseresetoituvuus
Ajoittain ruuhkautuvat muut tieosuudet	Hyvä tekninen soveltuvuus ja luotettavuus Kustannusten vuoksi paras soveltuvuus vain erityistä ja pidempiaikaista seurantaa vaativiin paikkoihin (myös muita tilastointi- tms. tavoitteita) Mahdollisia ongelmia: itseresetoituvuus
Rajaliikenne	Hyvä soveltuvuus, jos haluttu seurantapoikkileikkaus on tarkasti tiedossa (ilmaisin vaikeasti siirrettävissä) Asennettava myös pientareille, mikäli rekkapysäköintiä Hyvä soveltuvuus osana muuta ohjausjärjestelmää Mahdollisia ongelmia: mittauksessa ja tilastoinnissa piennarpysäköinnissä, ellei päällystettä sekä itseresetoituvuus
Muut liikenteen erikoistilanteet	Vain, jos kohteessa on muita liikenteen seurannan tarpeita Mahdollisia ongelmia: itseresetoituvuus

Soveltuvuus suomalaisiin olosuhteisiin

Induktioon perustuva ilmaisintekniikka ei ole herkkä sään tai kelin vaihteluille, ja soveltuvuus on hyvä. Muuten talviolosuhteet (tien pinnan kuluminen, aeraus, kelirikko, päällystevauriot) aiheuttavat ilmaisinvikoja ja ylläpito-ongelmia.

Ei sovellu siltakansille eikä teräsverkkovahvisteisille tieosille.

Soveltuvuus Tiehallinnon nykyisiin telematiikkajärjestelmiin

Vaatii LAM-järjestelmän modifiointia laskentalaitteen osalta (tai rinnakkaisen tietojärjestelmän käyttöönottoa), jos jonoilmaisimen käyttöä halutaan laajentaa tilastomittauksiin. Toisaalta vastaa toimintaperiaatteeltaan täysin LAM-järjestelmää, joten järjestelmän konfiguroinnissa tai tiedonsiirrossa ei todennäköisesti ole suuria ongelmia nykyisten keskusjärjestelmien kanssa.

Jonoilmaisimien käytön kehittämisen- ja soveltamismahdollisuuksia

Kaupunkien sisätuloväylät, kehien ruuhkautuvat osuudet: liikenteen seuranta ja ohjaus
Rajaliikenteessä poikkileikkaukset, joissa mahdolliset jonot halutaan ehdottomasti tunnistaa ja joissa myös muita liikenteen seurannan tarpeita
Muilla ruuhkautuvilla osuuksilla poikkileikkaukset, joissa mittaustiedolle on myös muuta käyttöä (vaatii LAM-pisteitä vastaavaa laskentalaitteen kehitystä)

LIITE 3, Erikoistilanteiden liikenteen seurannan mahdollisuuksien arviointi

Toimenpidekortti 3

KUVANTULKINTA

Kuvantulkinta

Kehä III Vuosaaren tunneli, automaattinen häiriöntunnistus

Mittaustekniikka ja toimintaperiaatteet:

Tunnistusmenetelmää voidaan käyttää ajoneuvojen määrän, tyypin, nopeuden, aikavälien, (kaistan) varausasteen ja nopeuden mittaamiseen ja tilastointiin. Häiriötilanteiden tunnistusjärjestelmässä videokuvantunnistuksella havaitaan pysähtyneitä ajoneuvoja, jonoja, väärään suuntaan ajavia ajoneuvoja ja savua (tunnelissa).

Kuvantulkintaan perustuvassa liikenteen mittauksessa käytetään videokameroita. Kameran ovat yleensä mustavalkokameroita. Videosignaali välitetään tunnistusyksikköön. Tunnistusyksikköön määritetään kuva-alan tunnistusalueet tai -linjat, joiden yliajava ajoneuvo aktivoi tunnistusprosessin.

Tunnistus ja tunnuslukujen laskenta perustuu kuvantunnistusalgoritmeihin. Tunnistusyksikkö voi olla integroituna kameralaitteeseen tai erillisenä prosessointiyksikkönä. Tiedonvälitysyksikkö pakkaa kuvamateriaalin ja välittää mittaus- ja hälytystiedot keskusjärjestelmään. Liikenteen ohjauskeskuksen tietokoneille asennetaan järjestelmän käyttöliittymä.

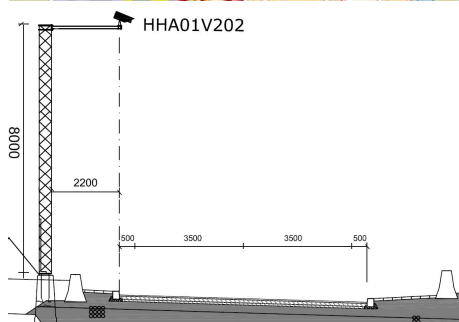
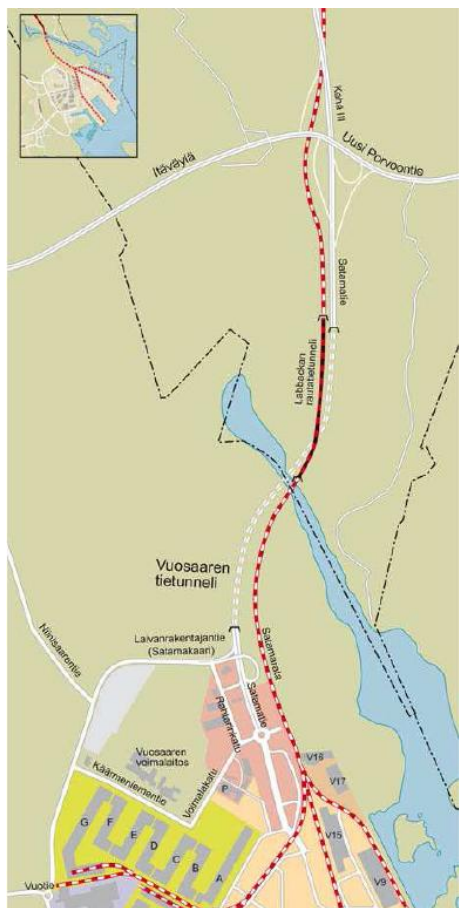
Kameroiden asennus, suuntaus ja järjestelmän kalibrointi ovat kuvantunnistukseen perustuvassa mittauksessa ensisijaisen tärkeitä. Kameran on asennettava mahdollisimman keskelle mitattavaa poikkileikkausta (vaihtoehtoisesti vasemman kaistan puolelle), asennuksen tulee olla tukeva ja kameran on suunnattava mieluiten liikenteen ja auringon valon myötäsuuntaan. Tunnelin häiriöntunnistusjärjestelmässä yleensä kamerat asennetaan 50–75 m:n välein n. 5 m:n korkeudelle. Norjassa kameravälin (d) mitoitus tapa on ollut $d=20 \times$ asennuskorkeus.

Kameran asennuskorkeuden kasvattaminen lisää tunnistusalueen laajuutta, mutta samalla se heikentää tunnistustarkkuutta.

Tiedonsiirto järjestetään yleensä valokuitukaapelein tai muin kiintein tietoliikenneyhteyksin. Tietoliikenne voidaan hoitaa myös radiomodeemein.

Laitteistotoimittajia: **Traficon NV, Image Sensing Systems Inc., Smart Systems**

Toteutus ja käyttö Vuosaaren sataman tietunnelissa



Vuosaaren tietunneli on noin 1,5 kilometriä pitkä kaksiputkinen tunneli. Tunneliin asennettu häiriötilanteiden havaitsemisjärjestelmä perustuu Traficon NV -yhtiön toimittamaan kuvantunnistusjärjestelmään. Järjestelmä koostuu 46 videokamerasta (23/tunneliputki), jotka on sijoitettu noin 70 metrin välein (1/ajorata) sekä tunnelin suuaukon läheisyyteen tunnelin ulkopuolelle.

Tunnelin kamerakuvasignaalit on kytketty kuvankäsittelykortille ja edelleen palvelimelle. Palvelin välittää ethernet-verkon kautta videokuvan ja hälytystiedot Tiehallinnon liikenteen ohjauskeskukseen, josta järjestelmää voidaan etäkäyttää.

Häiriöhavaitsemisjärjestelmän toiminnallisia vaatimuksia ovat:

- hälytys hitaasta ajoneuvosta, kun yksittäisen ajoneuvon nopeus alittaa käyttäjän asettaman kynnysarvon tunnelin kaikilla ajokaistoilla ja poistumiskäytävillä
- hälytys pysähtyneestä ajoneuvosta
- hälytys vastasuuntaan ajavasta ajoneuvosta
- hälytys muista turvallisuutta haittaavista esteistä (esteen koko vähintään: pohjan ala 1,0x0,5 m ja korkeus 0,5 m);
- Hälytys sisältää osoitetiedon, josta käy ilmi tunneliputki, asema pituussuunnassa (poikkileikkaus), sekä asema poikkileikkauksella (vasen kaista, oikea kaista+poistumiskäytävä).
- Häiriön havaitsemisjärjestelmä ilmaisee vähintään 98 % pysähtyneistä ajoneuvoista 10 s kuluessa häiriön alkamisesta. Vastasuuntaan ajavan ajoneuvon kohdalla 95 % ilmaisuvarmuus on saavutettava 5 s kuluessa. Muiden turvallisuutta vaarantavien esteiden osalta 90 %:n ilmaisuvarmuus saavutetaan 20 s kuluessa. Järjestelmä havaitsee laitevian 99 %:n ilmaisu-varmuudella 20 s kuluessa.

Videokuvantunnistusta ei tällä hetkellä käytetä häiriöntunnistuksen lisäksi muuhun liikenteen mittaukseen tai ohjaukseen.

Vuosaaren tunnelin järjestelmän rakentamisen kokonaiskustannukset olivat noin 3 M€.

Muut tiedossa olevat käyttökohteet

Muurla-Lohja, E18 tunnelit (häiriöntunnistus, Traficon NV)
Isokylän tunneli, E18 (häiriöntunnistus, Traficon NV)
Oslo, tietunnelit (häiriöntunnistus, Traficon NV)
Öresundbron, Tanska (häiriöntunnistus, Traficon NV)
Useita muita kansainvälisiä tie- ja tunnelikohteita

Käyttökokemukset, hyödyt

Laitetoimittajan tietojen mukaan videokuvan tunnistusjärjestelmä toimii kaikissa valaistus- ja sääolosuhteissa. Isonkylän tunnelin häiriönhallintajärjestelmän seuranta on kuitenkin osoittanut, että sääolot (mm. vesi- ja lumisade) ja nopeat valaistusolojen muutokset (mm. muutokset tunnelin valaistustasossa ja pilvien aiheuttamat muutokset päivänvalon määrässä) vaikuttavat hyvin negatiivisesti häiriönhavaitsemisjärjestelmän toimintaan aiheuttaen vääriä hälytyksiä. Kaikkiaan hieman yli 90 % järjestelmän kolmella, tutkitulla ajanjaksolla tulleista hälytyksistä oli vääriä. (Forsblom et al. 2008.)

Järjestelmän säätäminen vaatii vähintään vuoden, jotta mm. raskaiden ajoneuvojen pressukatkojen valaistuksen heijastusvaikutukset sekä katoilta putoavien lumimassojen tunnistukseen voidaan kalibroida.

Vuosaaren sataman tunnelin käyttöönottovaiheen vaikeuksien jälkeen kuvantunnistukseen perustuva häiriötilanteiden tunnistusjärjestelmä on toiminut hyvin. Sääolosuhteiden on kuitenkin todettu vaikuttavan negatiivisesti järjestelmän havaintojen luotettavuuteen.

Suomessa ei ole varsinaisia kokemuksia viime ajoilta kuvantunnistusjärjestelmän käytöstä pelkässä jonontunnistuksessa tai liikenteen mittauksessa.

Yhdysvalloissa (Minnesota Department of Transportation) tehdyissä kokeissa Traficon NV:n kuvantunnistusjärjestelmää verrattiin induktiosilmukoihin 3-kaistaisella tiellä (kamera asennettiin liikennevirtaa vasten tien reunaan ja kaistojen keskelle). Tulosten perusteella kameratunnistuksen tarkkuus liikennemääriä laskettaessa oli keskimäärin 95 % asennuskorkeudella 6,4 m. Korkeammalla asennuskorkeudella (>9 m) määrälaskennan virhe oli joinakin ruuhkaliikenteen 15 min jaksoina noin 10–50 %. Heikohkoon tulokseen epäiltiin syyksi lumisadetta. Nopeustuloksissa lähimmän kaistan kaistakohtaiset virheet vaihtelivat välillä 3–7 %. Lumisateella nopeushavaintojen virhe kasvoi 8–13 %:iin. Kameran sijoituksella (ajoradan keskellä tai sivussa) ei ollut suurta merkitystä. (Middleton et al. 2002).

Toisaalta toisen laitetoimittajan (ISS AutoScope Solo) laitteiden todettiin toimivan hyvin erityisesti nopeus- ja varausastemittauksissa. Myös tämän toimittajan laitteiden tarkkuus väheni jonkin verran ruuhkatilanteissa. (Middleton et al. 2002). Kokeen tuloksia arvioitaessa on syytä huomioida tekniikan ja laitteiden kehittyminen viime vuosina.

Kustannukset

Investointi saatavilla:

Tunnelien häiriönhallintaratkaisujen perusteella yhden kamerapisteen kustannuksiksi voidaan laskea n. 50 – 70 000 €

Käyttökustannukset:

Laitteiston pitoajaksi on arvioitu Norjassa 12–15 vuotta. Laitteet vaativat säännöllistä puhtaanapitoa.

Kuvantulkintakameroiden huolto on melko työlästä: Suomessa häiriönhavaitsemisjärjestelmän kamerat puhdistetaan kerran kuussa.

Tekniikan arviointi

Soveltuvuus eri liikenteen mittaustilanteisiin ja käyttötarkoituksiin

Päivittäin ruuhkautuvat kaupunkiseutujen sisään-tulo- ja kehätiet	Teknisiltä mittausominaisuuksiltaan sopiva, sää- ja valaistusolosuhteet heikentävät luotettavuutta Erityisesti osaksi liikenteen hallinta- ja ohjausjärjestelmiä, mitaus ja tilastointi ohessa
Ajoittain ruuhkautuvat muut tieosuudet	Kustannuksiltaan ja tekniikaltaan "ylimitoitettu"
Rajaliikenne	Mahdollisesti ongelmallisimpiin kohtiin, mikäli tällaiset ovat määriteltävissä Erityisesti osaksi liikenteen hallinta- ja ohjausjärjestelmiä, mitaus ja tilastointi ohessa
Muut liikenteen erikoistilanteet	Kustannuksiltaan ja tekniikaltaan "ylimitoitettu"

Soveltuvuus suomalaisiin sää- ja keliolosuhteisiin

Sekä Isokylän että Vuosaaren tunneleiden yhteydessä on havaittu keliolosuhteiden aiheuttavan videokuvaan ja kuvantunnistukseen perustavaan mittaustekniikkaan virheitä. Havaintoa tukevat Yhdysvalloissa tehty kentanmittaukset (Middleton et al 2002). Turun tiepiirin kokemusten perusteella kuvantunnistusjärjestelmän toimivuus heikommissa sää- tai valaistusolosuhteissa on huono (Työpaja 2009).

Tekniikka ei vaikuta soveltuvan suomalaisiin talviolosuhteisiin: toisaalta kokemuksia on saatu vain häiriönhallintajärjestelmien osalta, eikä kuvantunnistusta ole viimeaikoina testattu esim. nopeus- tai varausastemittauksissa.

Soveltuvuus Tiehallinnon nykyisiin telematiikkajärjestelmiin

Soveltuu erityisesti tunneleiden häiriönhavaitsemisjärjestelmäksi. Tekninen soveltuvuus tietojärjestelmiin on hyvä.

Kuvantunnistustekniikan kehittämis- ja soveltamismahdollisuuksia

Tekniikan parhaita mittausominaisuuksia, kuten liikennevirran nopeus ja väärään suuntaan ajavan tunnistus, kannattaisi testata avoimessakin tieympäristössä. Testauksessa voitaisiin mahdollisesti käyttää nykyisten tunnelijärjestelmien ulkokameroita jakamalla kuva testattavalle tunnistuskortille.

Lämpökameroihin perustuva tunnistusjärjestelmä saattaisi vähentää sää- ja erityisesti valaistusolosuhteiden aiheuttamia ongelmia kuvantunnistuksessa (Työpaja 2009). Lämpökameroihin perustuvien järjestelmien ja kuvantunnistusalgoritmien olemassaolo ja käyttökokemukset olisi hyvä selvittää.

Eritasoliittymän risteysaltaan tai korkeaan pylvääseen asennettuna kamera voitaisiin sijoittaa n. 20 metrin korkeuteen ajoradan pinnasta, jolloin havaintoalueen pituudeksi saataisiin norjalaisen mitoitustavan mukaan n. 400 m. Mittausetäisyyden kasvaessa tarkkuus kuitenkin kärsii. Pitkällä havaintoalueella voitaisiin saada etua esimerkiksi rajaliikenteen rekkajonojen tunnistuksessa.

LIITE 4, Erikoistilanteiden liikenteen seurannan mahdollisuuksien arviointi

Toimenpidekortti 4

TUTKAILMAISIMET

TUTKAILMAISIMET

Mittaustekniikka ja toimintaperiaatteet:

Tutkailmaisimen toiminta perustuu sen lähettämän mikroaaltosäteen taajuuden muuttumiseen säteen heijastuessa takaisin. Tutkan keilassa liikkuva ajoneuvo tuottaa jatkuvan ilmaisun.

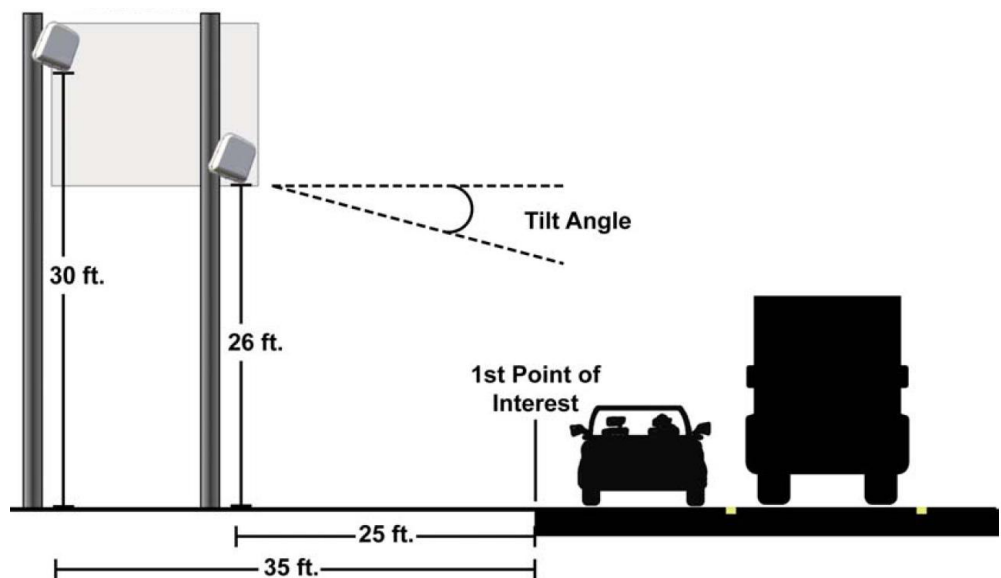
Ilmaisuetaisyys vaihtelee 50–150 metrin välillä. Tietyillä tutkailmaisimilla voidaan kattaa useampi kaista yhtä aikaa. Joitakin ilmaisimia voidaan käyttää myös molempien ajosuuntien yhtäaikaiseen valvontaan (ilmaisimien tunnistaa ajosuunnan).

Mikroaaltotutkat toimivat X-taajuusalueella (7–12,5 GHz) tai K-taajuusalueella (18–26,5 GHz).

Ilmaisimien tunnistaa (laitemallista riippuen) nopeuden, kulkusuunnan, ajoneuvopituuden ja aikavälit. Jotkin laitteet kykenevät myös varausasteen ilmaisemiseen sekä useiden erillisten tarkastelualueiden tarkkailuun.

Ilmaisimien toiminnan edellyttämä vähimmäisnopeus on yleensä 3–8 km/h. Jotkin laitteet kykenevät myös pysähtyneen liikenteen tunnistamiseen.

Kiinteä tutkailmaisimien asennetaan noin 3–10 metrin korkeuteen tien sivuun (tai kaistan päälle). Korkeus riippuu ilmaisuetaisyydestä. Tutkan suuntaaminen on tärkeää virheilmaisujen minimoinnin vuoksi. Tutka on suunnattava mahdollisimman tarkasti halutulle ilmaisualueelle. Periaatteessa ilmaisimien voidaan asentaa myös väliaikaiseen mastoon tai muuhun rakenteeseen, josta se on siirrettävissä toiseen paikkaan. Yleensä siirrettävät ilmaisimet ovat yksinkertaisia, ja ne asennetaan tiensivuille ja suunnataan tien poikkileikkauksen yli.



Esimerkki kiinteän tutkailmaisimen asennustavasta (Wavetronix SmartSensor HD: lähde Wavetronix 2008)

Eräitä laitetoimittajia

EIS, RTMS G4 (usean kaistan kattavuus, varausaste ja läsnäoloilmaisut, toimittajan mukaan myös paikallaan pysyvän ajoneuvon tunnistus, nopeus, tietoliikennemuuttamismahdollisuudet)

Wavetronix, SmartSensor HD (usean kaistan kattavuus, varausaste, tietoliikennemuuttamismahdollisuudet)

Swarco (esim. AGD 200: liikennevaloilmaisin tai liikennelaskuri)

Nu-metrics (PTQ-200, siirrettävä, akkukäyttöinen, sarjaportti ja langaton yhteys tiedonpurkuun)

Applied Traffic AT-SR3 AVC (siirrettävä tai pysyvä asennus, akkukäyttöinen)

CA Traffic, Radar Recorder (siirrettävä tai pysyvä asennus, akkukäyttöinen)

Toteutus ja käyttö esimerkkikohteessa ja/tai -järjestelmässä

Tutkailmaisimia on käytetty Suomessa lähinnä liikennevaloilmaisimina ja siirrettävinä liikenteenlaskentapisteinä. Helsingissä (ja muissa kaupungeissa) ilmaisimia käytetään valo-ohjatuissa liittymissä, joissa tulosuunnilla on kiinteät pyynnöt eikä luotettavampia silmukkalmaisimia tarvita tai silmukoiden asentaminen on kallista tai hankalaa. Tutkia käytetään valo-ohjauksen pidentävänä kulkuilmaisimena (Mäenpää 2009).

Esimerkkilaitte: EIS, RTMS G4 (Audicana 2009, laitetoimittajan sähköpostihaastattelut)

RTMS G4 -tutkailmaisimien asennetaan kiinteästi mastoon tienvarteen. Laitteen mittaustäisyys on 2–75 m asennuskorkeudesta riippuen. Laitteella voidaan valvoa 8–12 kaistaa (aluetta) kerrallaan. Laitetoimittajan ilmoittamia mittaustarkkuuksia eräiden tunnuslukujen osalta on esitetty alla. Esitetyt tarkkuustasot saavutetaan normaalissa vilkkaan liikenteen tilanteessa ohjeiden mukaisesti asennetulla laitteella, jonka mittaasetukset on tehty oikein.

- Kaistakohtainen liikennemäärä $\pm 5 \%$
- Kaistakohtainen varausaste $\pm 5 \%$
- Varausasteen mittausrajat 0–100 %
- Kaistakohtainen ajoneuvoluokittelu ajoneuvopituuksittain (6 luokkaa) $\pm 10 \%$
- Keskimääräinen nopeus 0–180 km/h tarkkuudella ± 2 km/h
- Kaista- ja ajoneuvokohtainen nopeus $\pm 10 \%$

Mittausvirheitä ja luotettavuuden heikkenemistä aiheuttavat

- Matalat nopeudet ja erittäin ruuhkainen liikenne (laitte yliarvioi erityisesti liikennemääriä)
- Väärä asennustapa (liian korkealla, näkemäesteet) tai laitteen epäsopivat asetukset
- Mittausalueiden (kaistojen) epätarkka määrittäminen (johtaa lisäilmaisuihin ja liikennemäärien yliarviointiin)
- Kaistan yläpuolisena asennuksena kaistojen liikennemääräerot yhdessä laitteen väärän kohdistamisen kanssa johtavat myös nopeus- ja pituushavaintojen suurempaan virheeseen.

Laitteen tekninen säänkestävyys on riittävä (lämpötila $-37...74\text{ }^{\circ}\text{C}$, ilmankosteus max 95 %, sademäärä 100mm/h). Kelin vaikutuksesta itse mittaustarkkuuteen ei ole varsinaisia arvioita.

Laitteen mittaustulokset saadaan ASCII- tai binäärimuodossa. Mittausperiodit voidaan jakaa erimittaisiin ajanjaksoihin. Tulosten käsittelyyn on olemassa laitetoimittajan käyttöliittymä, mutta tulostiedostoja varten voi myös kehittää oman ohjelmiston. Laitteeseen saa TCP-IP-rajapinnan ja etäkäyttömahdollisuuden tarpeen mukaan. Laitteistotoimittajalla on myös erillisiä ohjelmistoja / järjestelmiä jonojen tunnistukseen, ruuhkavalvontaan ja -ohjaukseen.

Laitetoimittajalla on useita referenssikohteita ympäri maailmaa. Pohjoismaisena referenssinä mainitaan Kööpenhamina. Suomen olosuhteiden kannalta mielenkiintoisimmat referenssikohdet löytyvät Venäjältä (yhteensä noin 1 000 yksikköä Moskovassa, Pietarissa ja pienemmissä kaupungeissa), Yhdysvaltojen pohjoisista osavaltioista sekä Kanadasta (jonontunnistusjärjestelmiä, tulli- ja mittauspisteitä). Laitetoimittajan mukaan laitteistot ovat toimineet hyvin myös näissä sääolosuhteiltaan vaikeissa kohteissa.

Käyttökokemukset, hyödyt

Tutkailmaisimien ilmaisuvarmuus on hyvä. Tutkailmaisimen heikkona puolena ovat virheilmaisut heijastumisista.

Perinteisissä liikennevaloilmaisimissa ongelmana on ollut matalien nopeuksien ja paikallaan olevan kohteen havaitseminen, jolloin tutkailmaisimia ei ole voitu käyttää läsnäoloilmaisimena. Kokonaisuutena ilmaisin on todettu sopivaksi valikoituihin liikennevalo-ohjauksen toimintoihin, koska lievät epätarkkuudet ja -varmuudet eivät haittaa valojen toimintaa esim. pääsuunnan vihreän pidennyksessä. (Mäenpää 2009.)

Eri laitetoimittajien mukaan valvonta- ja laskentatehtäviin kehitettyjen tutkailmaisimien laskentatarkkuus on (hyvissä olosuhteissa) noin 90–99 % (useampikaistaiset kohteet). Nopeusilmaisutarkkuus on noin $\pm 2...3$ km/h tai 90–98 %. Varausasteen mittaustarkkuus on 80–90 % ja ajoneuvojen luokittelutarkkuus 80–90 %. Laitetoimittajien mukaan tietyt laitetypit pystyvät myös läsnäoloilmaisun tuottamiseen.

Yhdysvalloissa (Minnesota Department of Transportation) tehdyissä kokeissa EIS RTMS tutkajärjestelmää verrattiin induktiosilmukoihin 4-kaistaisella tiellä (tutkailmaisimien asennettiin tien sivuun). Tulosten perusteella tutkailmaisimien aliarvioi erityisesti kauimmaisen kaistan liikennemääriä. Nopeusmittauksissa oli myös melko suuri virhe ruuhka-aikoina. Ilmaisutarkkuuden todettiin olevan parempi kaistan yläpuolisena asennuksena, kun ilmaisimien valvoo vain yhtä kaistaa. Ylläpito- ja investointikustannukset todettiin edullisiksi. Laite ei myöskään ollut herkkä sää- ja valaistusolosuhteille. (Middleton et al. 2002).

Kustannukset

Tutkailmaisimien hintahaarukka on laaja, koska laitteita on erilaisia erilaisiin tarkoituksiin.

Kiinteästi asennettavan, usean kaistan kattavan laitteen hinta on noin 4-5 000 €. Asennus ja tiedonsiirtoyhteydet ja mahdolliset tukipalvelut eivät sisälly arvioon.

Laitetoimittajat lupaavat laitteilleen pitkää käyttöikää ja vähäistä ylläpitotarvetta.

Tekniikan arviointi

Soveltuvuus eri liikenteen mittaustilanteisiin ja käyttötarkoituksiin

Päivittäin ruuhkautuvat kaupunkiseutujen sisään-tulo- ja kehätiet	Soveltuvuus kohtuullinen: ilmaisinsilmukoiden käyttö on kuitenkin todennäköisesti luotettavampaa erityisesti ohjausjärjestelmien osana ja liikenteen vakiintuneessa tilastointikäytössä.
Ajoittain ruuhkautuvat muut tieosuudet	Kiinteästi asennettavien tutkalaitteiden soveltuvuus hyvä: kustannukset suhteessa laitteen käyttöikään todettu edullisiksi. Erityisesti liikenteen seurantaan ja mittaukseen.
Rajaliikenne	Kiinteästi asennettavien laitteiden soveltuvuus hyvä, mikäli laite kykenee hitaan ja pysähtyneen ajoneuvon havaitsemiseen laitoimittajien lupausten mukaisesti. Laitetoimittajilla on myös olemassa vastaavia sovelluksia tuotantokäytössä. Erityisesti liikenteen seurantaan ja mittaukseen sekä mahdollisesti rajaliikenteen tilastointiin.
Muut liikenteen erikoistilanteet	Kiinteästi asennettavat laitteet vain, jos laitteille on myös muuta käyttöä. Mahdollisuus myös väliaikaiseen asennukseen, mikä vaatii kalibrointia ja aiheuttaa asennuskustannuksia: väliaikaisesti asennettavat laitteet liikenteen seurannassa, jos erikoistapah-tuma on liikenteellisesti riittävän merkittävä. Siirrettävät laitteet maastotutkimuksissa ja -laskennoissa.

Soveltuvuus suomalaisiin olosuhteisiin

Ilmaisuvarmuus on todettu melko varmaksi erilaisissa sääolosuhteissa. Laitetoimittajan haastattelun mukaan heikoillakaan sääolosuhteilla tai mittalaitteen likaantumisen tai jäätymisen ei ole merkittävää vaikutusta modernien tutkalaitteiden mittaustarkkuuteen tai luotettavuuteen (Rose 2009).

Kaikkien mittaustulosten (nopeus, varausaste, ajoneuvoluokittelu) mittaustarkkuudesta ei kuitenkaan ole kokemuksia tai tutkimustuloksia talviolosuhteissa.

Soveltuvuus Tiehallinnon nykyisiin telematiikkajärjestelmiin

Useimmissa kiinteissä laitteissa mahdollisuus muokata mittalaitteen output-dattaa (jokaisesta ajoneuvosta rivi tekstitiedostoon) joko itse kehitettävillä ohjelmistoilla tai laitoimittajan ohjelmilla, mikä mahdollistaa tietojen konvertoinnin Tiehallinnon järjestelmiin.

Tutkalaitteet eivät tuota kaikkea tietoa LAM-tilastointia vastaavassa laajuudessa ja formaatissa.

Tutkailmaisimien käytön kehittämis- ja soveltamismahdollisuuksia

Tutkailmaisimia ja niiden ilmaisuvarmuutta voidaan kokeilla esim. rajaliikenteen jonojen tunnistuksessa sekä mahdollisesti LAM-pisteen korvaajana liikenteen tiedotus-, ohjaus- tai hallintajärjestelmän osana. Ilmaisimien voi sopia myös ajoittain ruuhkautuvien tieosien liikenteen tiedotuksen tiedonlähteeksi.

Laitteiston asennus- ja kalibrointivaatimuksista riippuen tutkailmaisimia voidaan mahdollisesti käyttää myös siirrettävinä ilmaisimina muiden erikoistilanteiden liikenteen valvonnassa (riippuen siitä, voidaanko laite asentaa helposti esim. siltarakenteisiin tai siirrettävään henkilönostimeen tms., onko kalibrointi hankalaa ja pitkäaikaista hienosäätöä vaativaa).

Käyttökokemusten, ilmaisutarkkuuden ja olosuhdeherkkyyden perusteella ilmaisimien ja tiedonkäsittelyn integroimista Tiehallinnon liikenteen tilastointijärjestelmiin voidaan harkita. Todennäköisesti ainakin ajoneuvoluokittelu tulee aiheuttamaan ristiriitaisuuksia LAM-pistehavaintoihin nähden.

LIITE 5, Erikoistilanteiden liikenteen seurannan mahdollisuuksien arviointi

Toimenpidekortti 5

INFRAPUNAILMAISIMET

INFRAPUNAILMAISIMET

Mittaustekniikka ja toimintaperiaatteet:

Passiivinen infrapunailmaisimien toimii havaitsemalla ilmaisimen keilassa tapahtuvat lämpösäteilymuutokset tai lämpötilaeron tienpinnan ja mittauskohteen välillä. Ilmaisimien voidaan asentaa liikenteen vasta- tai myötäsuuntaan tien varteen tai kaistan yläpuolelle. Ilmaisimien mittaa yhtä kaistaa, ja on suunnattava mittausalueelle.

Nykyaikaisilla passiivisilla ilmaisimilla voidaan tuottaa läsnäoloilmaisu sekä mitata ajoneuvotyyppien ja nopeuksia. Pääsääntöisesti ilmaisimien sopii kuitenkin liikkuvien ajoneuvojen ilmaisuun. Aktiiviset infrapunailmaisimet (lasertutkat) toimivat tutkan tavoin ja havaitsevat heijastukset/muutokset lähettämässään infrapunasäteilyssä. Aktiivisilla infrapunailmaisimilla voidaan mitata myös läsnäoloa, ajoneuvotyyppien ja nopeuksia.

Eräitä laitetuottajia:

Swarco IRD1001 (passiivinen ilmaisimien, liikenteen laskenta ja valo-ohjauskäyttö, myös läsnäoloilmaisu)

ASIM IR250 (nopeus, ajoneuvopituus ja läsnäolo)

Toteutus ja käyttö esimerkkikohteessa ja/tai -järjestelmässä

Suomessa passiivista infrapunailmaisinta on käytetty lähinnä liikennevalojen kulkulaisimien. Helsingissä (ja muissa kaupungeissa) ilmaisimia käytetään valo-ohjatuissa liittymissä, joissa tulosuunnilla on kiinteät pyynnöt eikä luotettavampia silmukkalaisimia tarvita tai silmukoiden asentaminen on kallista tai hankalaa (Mäenpää 2009).

Käyttökokemukset, hyödyt

Passiivisten infrapunailmaisimien mittauksen tarkkuus on hyvissä olosuhteissa kohtuullinen. Usean lähteen mukaan ilmaisintekniikan luotettavuus heikkenee kuitenkin huomattavasti heikoissa olosuhteissa (ilmaisimen likaantuminen, auringonpaiste- ja varjot, liikenteen lämpimät pakokaasuvirtaukset). (Tielaitos 1995, FHWA 2006, Middleton et al. 2002).

Liikennevaloilmaisinkäytössä ongelmana ovat olleet väärät havainnot keilaan osuvista puunkokista tms. ylimääräisistä objekteista. Myös läsnäoloilmaisussa on ollut epäluotettavuuksia. Keilan eteen sulanut lumi tai jääpuikot ovat estäneet ilmaisimen toiminnan joskus, mutta liikennevalokäytössä tämä ei ole ollut merkittävä ongelma. Muu likaantuminen heikentää myös ilmaisuvarmuutta, mutta Helsingissä tämä ei ole ollut suuri ongelma (linssit pestään kerran vuodessa). Kokonaisuutena ilmaisimien on todettu sopivaksi valikoituihin liikennevalo-ohjauksen toimintoihin, koska lievät epätarkkuudet ja -varmuudet eivät haittaa valojen toimintaa esim. pääsuunnan vihreän pidennyksessä. (Mäenpää 2009.)

Aktiivisten infrapunailmaisimien tarkkuus on hyvä, mutta keliolosuhteet vaikuttavat myös niiden toimivuuteen negatiivisesti (FHWA 2006).

Kustannukset

Investointi saatavilla olevalla tarkkuudella:

Passiivinen ilmaisimien noin 1 000–2 000 €

Aktiivinen ilmaisimien noin 5000–8 000 €

Käyttökustannukset:

Ilmaisimet vaativat säännöllistä puhtaanapitoa. Helsingissä infra-liikennevaloilmaisimet puhdistetaan kerran vuodessa.

Tekniikan arviointi**Soveltuvuus suomalaisiin sää- ja keliolosuhteisiin**

Eri lähteiden mukaan infrapunailmaisimet ovat melko herkkiä sää- ja keliolosuhteille, eivätkä ne siten ole ensisijainen vaihtoehto liikenteen tunnuslukujen mittaamiseen suomalaisissa olosuhteissa.

Passiiviset infrapunalaitteet ovat herkkiä likaantumiselle ja esim. lumen kertymiselle ilmaisulaitteeseen. Myös aktiivisten ilmaisimien ilmaisutarkkuus heikkenee sumuisessa ja lumisateisessa säässä. Soveltuvuus talviolosuhteisiin on esim. mikroaaltoilmaisinta heikompi.

LIITE 6, Erikoistilanteiden liikenteen seurannan mahdollisuuksien arviointi

Toimenpidekortti 6

MUUT ILMAISUTEKNIIKAT

MUUT ILMAISUTEKNIIKAT

Magneettiset ilmaisimet (magnetometri)

Magneettiset ilmaisimet perustuvat ajoneuvojen aiheuttamaan Maan magneettikentän muutokseen ajoneuvon ylittäessä magnetometrin (FHWA 2006). Ilmaisimien asennetaan tien pinnan alle tai tien reunaan ajokaistan välittömään läheisyyteen. Ilmaisisia on olemassa myös langattomina (ei tien alaisia kaapelointeja) akkukäyttöisinä versioina, jotka kytketään tiedonsiirto-yksikköön langattoman verkon kautta. Tämä helpottaa laitteiston siirtoa, koska ilmaisimen asennus vaatii vain pientä reikää päällysteeseen.

Ilmaisimella voidaan mitata liikennemääriä, nopeuksia, varausastetta ja jonoja (Innamaa et al. 2002).

Magnetometri-ilmaisisia on kokeiltu liikennevalo-ilmaisisina Turussa vuodesta 2006. Käytetty laite on ollut Banner Engineering yhtiön M-gage Flat-Pak -ilmaisimien. Ilmaisiset ovat toimineet hyvin ja olleet teknisesti luotettavia. Kokemusten mukaan läsnäoloilmaisimena on syytä käyttää kahta peräkkäistä ilmaisinta. Uusimmat ilmaisimet on asennettu sahausuraan, joka peitetään hiekkapuhallushiekalla ja bitumilla. Sahausuran tekeminen silmukkaan verrattuna jää vähäisemmäksi (Tirroniemi 2009).

Ilmaisimien hinta vuoden 1999 arvion mukaan on 1 000–3 000 US-dollaria (FHWA 2006). Turussa käytetty yksinkertainen magnetometri maksaa noin 300 e/kpl (pelkkä magnetometri ilman lisälaitteita ja tiedonkäsittelyohjelmistoja noin 300–600 e/kpl).

Magnetometri vastaa mittauksen tarkkuudeltaan ja -luotettavuudeltaan ilmaisinsilmukoita. Määrä-laskennassa magnetometrit voivat olla jopa silmukoita tarkempia. Myös läsnäoloilmaisut ovat luotettavia. Nopeuden mittauksessa käytetään yleensä kahta peräkkäistä ilmaisinta. Sää-olosuhteet eivät vaikuta mittaukseen. Lisäksi laitetta voi käyttää esim. teräsbetonisilloilla, jotka eivät sovellu induktiosilmukoille (FHWA 2006). Laitetta voitaisiin mahdollisesti soveltaa esim. siirrettävänä laitteena yleisötapaturmien liikenteen valvonnassa.

Eräitä laitetoimittajia:

Sensys Networks, VSN240-F (langaton, paristoille luvataan 10 v käyttöikä)

Ultraääni-ilmaisimien (FHWA 2006)

Ultraääni-ilmaisimien toimii ultraäänitaajuuksilla. Pulssi-ilmaisimissa ultraääni-ilmaisimien tunnistaa muutokset ääniaaltojen heijastuksissa, kun ajoneuvo ohittaa ultraäänikeilan. Ilmaisiset kykenevät laskemaan liikennemääriä, läsnäoloa ja varausastetta. Nopeus voidaan määrittää laitteilla, jotka tarkkailevat kahta peräkkäistä ultraäänikeilaa. Ultraääni-ilmaisisia valmistetaan myös tutkaperiaatteella toimivina. Ilmaisimien kattaa yleensä vain yhden kaistan.

Lämpötilamuutokset ja tuulisuus voivat häiritä ultraääni-ilmaisimien toimintaa.

Ilmaisimien hinta on kohtuullinen (600–2 000 US-dollaria vuoden 1999 arvion mukaan).

Ultraääni-ilmaisisia ei ole Suomessa laajemmalla käytössä liikenneteknisissä sovelluksissa pysäköintilaitosten järjestelmiä lukuun ottamatta (paikkakohtaiset läsnäoloilmaisimet). Lämpötilojen vaihtelun ja kovien tuulien mahdollinen häiriövaikutus voi vaikeuttaa ilmaisintyyppien käyttöä tieliikenteen seurannassa.

Akustinen ilmainen (FHWA 2006)

Akustiset ilmaiset mittaavat liikennemäärää, läsnäoloa, varausastetta ja nopeutta. Mittaus perustuu pääsääntöisesti rengasmeluun. Laitteen asennus ei vaadi yhtä tarkkaa sijoittamista kuin useiden muiden ilmaisintyyppien. Laitteella voidaan mitata monta kaistaa yhtä aikaa.

Laitetta ei suositella vaihtelevaan liikennetilanteeseen (esim. päivittäin tai ajoittain ruuhkautuvat tieosuudet), koska tunnistusalgoritmit on kalibroitu joko hitaalle tai nopealle liikenteelle eivätkä tunnista liikennetilanteen muutosta.

SAS-1 -ilmaisimen testissä havaittiin suuria virhemarginaaleja määrä- ja varausastelaskennassa erityisesti ruuhkatilanteissa (10–50 % määrissä, ja 5–15 varausastelaskennassa). Nopeushavaintojen virheet olivat pienemmät. Myös sade aiheutti ilmaisuvirheitä (Middleton et al. 2002).

Ilmaisimien hinta vuoden 1999 arvion mukaan 3 000–8 000 US-dollaria.

Akustinen ilmainen ei vaikuta sopivalta vaihtelevan liikennetilanteen mittaukseen ja sääolosuhteet häiritsevät sen toimintaa, joten soveltuvuus Suomen olosuhteisiin ja ruuhkautumisen/jonoutumisen havaitsemiseen on heikko.

Eräitä laitetoimittajia:

Smartek, SAS-1

IRD, SAS

Yhdistelmäilmaisimet

Yhdistelmäilmaisimet koostuvat useista mittaustekniikoista. Yleisimmin yhdistelmäilmaisimessa on yhdistetty (mikroaalto)tutka ja passiivinen infrapunailmaisin tai ultraääni-ilmaisin ja passiivinen infrapunailmaisin tai kaikki kolme ilmaisintyyppiä. Pääsääntöisesti yhdistelmäilmaisimet ovat kaistakohtaisia. Kolmen ilmaisintyyppin yhdistelmät asennetaan pääsääntöisesti kais-tan yläpuolelle.

Yhdistelmäilmaisimilla voidaan mitata useita liikenteen tunnuslukuja, mukaan lukien hitaita ajonopeuksia, läsnäoloa ja jonoja. Ilmaisinyhdistelmillä päästään yksittäisteknologioita tarkempaan tulokseen. (FHWA 2006). ASIM TT 262 ultraääni-, infrapuna- ja tutkayhdistelmäilmaisin pääsi alle 5 prosentin mittausrvirheisiin sekä määrä- että nopeusmittaustesteissä (Middleton et al. 2002).

Yhdistelmäilmaisimet voivat soveltua erityistä tarkkuutta vaativiin seurantakohteisiin, joissa vaaditaan yksittäisilmaisimia tarkempaa ilmaisutarkkuutta ja joissa ilmaisinsilmukat eivät ole relevantti vaihtoehto. Ilmaisimet ovat kuitenkin kalliimpia kuin yksittäisiä tekniikoita hyödyntävät ilmaiset. Ilmaisintyyppien erilainen herkkyys sääolosuhteille voi mahdollisesti vaikeuttaa virheilmaisujen havaitsemista ja virheiden tunnistamista.

Eräitä laitetoimittajia:

ASIM, TT 290 (tutka–infrapuna-ultraääni-ilmaisin: nopeus, läsnäolo ja jonoilmaisut, ajoneuvo-luokittelu, varausaste ja aikavälit)

LIITE 7, Erikoistilanteiden liikenteen seurannan mahdollisuuksien arviointi

PILOTTIKOHDE 1, VT 7: YLEISSUUNNITELMAKARTTA

LIITE 7.1, Erikoistilanteiden liikenteen seurannan mahdollisuuksien arviointi

PILOTTIKOHDE 1, VT 7: TIETOLIIKENTEEN PERIAATERATKAISU

LIITE 8, Erikoistilanteiden liikenteen seurannan mahdollisuuksien arviointi

PILOTTIKOHDE 2, KEHÄ III: YLEISSUUNNITELMAKARTTA

LIITE 8.1, Erikoistilanteiden liikenteen seurannan mahdollisuuksien arviointi

PILOTTIKOHDE 2, KEHÄ III: TIETOLIIKENTEEN PERIAATERATKAISU

